

Familias de insectos asociadas al maíz en sistemas de monocultivo y milpa en Yucatán, México

Insect families associated with maize in monoculture and milpa systems in Yucatan, Mexico

Diana Laura Méndez-Flota^{1*} , Esaú Ruiz-Sánchez¹ , Franklin H. Rocha^{2*} ,
Alejandra González-Moreno¹ , Carolina Flota-Bañuelos³ , Luis Latournerie-Moreno¹ ,
Luis Filipe da Conceição dos Santos² , Kevin Gerardo Cambero-Nava⁴ 

¹ Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Conkal, Avenida Tecnológico S/N, 97345, Conkal Yucatán, México.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, km. 25 Antigua Carretera Mérida-Motul, 97454, Mocochá, Yucatán, México.

³ SECIHTI, Colegio de Postgraduados, Campus Campeche, 24450, Champotón, Campeche, México.

⁴ Universidad Autónoma de Yucatán, Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, 97100, Mérida-Xmatkuil, México.

*Autores para correspondencia: diana.mf.dcats@gmail.com; rocha.franklin@inifap.gob.mx

Fecha de recepción:
21 de octubre de 2025

Fecha de aceptación:
10 de enero de 2026

Disponible en línea:
17 de febrero de 2026

Este es un artículo en acceso abierto que se distribuye de acuerdo a los términos de la licencia Creative Commons.



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)

Cómo citar:

Méndez-Flota, D. L., Ruiz-Sánchez, R., Rocha, F. H., González-Moreno, A., Flota-Bañuelos, C., Latournerie-Moreno, L., Santos, L. F. da C. dos., Cambero-Nava, K. G. (2026). Familias de insectos asociadas al maíz en sistemas de monocultivo y milpa en Yucatán, México. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 12, e0121011. <https://doi.org/10.30973/aap/2026.12.0121011>

RESUMEN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cultivo con mayor superficie en Yucatán, México, establecido tanto en monocultivo como en milpa. Este estudio evaluó la riqueza, diversidad y dominancia de familias de insectos en ambos sistemas productivos mediante muestreos con red entomológica realizados de mayo a agosto de 2024. Se caracterizó la estructura y composición de las comunidades y se calcularon índices de riqueza (q_0), diversidad de Shannon (q_1) y diversidad basada en el índice de Simpson inverso ($q_2 = 1/D$). Se registraron 119 familias: 95 en milpa y 89 en monocultivo (7,012 individuos en total). Aunque las curvas de rarefacción e interpolación/extrapolación no mostraron diferencias significativas, se observaron tendencias hacia mayor riqueza (q_0) y mayor equidad (q_2) en la milpa, lo que sugiere menor dominancia de unas pocas familias. La diversidad de Shannon (q_1) fue similar entre sistemas. Estos patrones indican que la comunidad de insectos podría responder al tipo de manejo agrícola.

PALABRAS CLAVE

Agroecosistemas, diversidad, entomofauna, estructura de comunidades.

ABSTRACT

Maize (*Zea mays* L.) is the crop with the largest cultivated area in Yucatan, Mexico, where it is grown under both monoculture and intercropping (milpa) systems. The study evaluated the richness, diversity, and dominance of insect families in both production systems using sweep-net sampling conducted from May to August 2024. Community structure and composition were characterized, and richness (q_0), Shannon diversity (q_1), and true diversity based on the inverse Simpson index ($q_2 = 1/D$) were calculated. A total of 119 families were recorded: 95 in the milpa system and 89 in monoculture, comprising 7,012 individuals overall. Although rarefaction and interpolation/extrapolation curves showed no significant differences between systems, trends toward greater richness (q_0) and greater evenness (q_2) were observed in the milpa system, suggesting lower dominance by a few families. Shannon diversity (q_1) was similar between systems. These patterns indicate that insect community structure may respond to the type of agricultural management.

KEYWORDS

Agroecosystems, diversity, entomofauna, community structure.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el segundo cereal de mayor importancia para el consumo humano a nivel internacional (Albahri et al., 2023; Hossein et al., 2024). Esta especie es originaria de México, donde fue domesticada antes de dispersarse hacia diversas regiones del mundo (McLean-Rodríguez et al., 2021). En la Península de Yucatán, México, el cultivo de maíz representa un eje central en la producción agrícola y en la identidad sociocultural de las comunidades rurales (Ku-Pech et al., 2020). En esta región, se cultiva principalmente bajo dos sistemas: monocultivo y milpa. El primero se caracteriza por el uso intensivo de insumos tecnológicos como maquinaria para el laboreo del suelo y la siembra, semillas mejoradas, fertilizantes, plaguicidas (herbicidas, insecticidas y fungicidas) y en algunos casos, sistemas de riego rodado o por goteo (Cryan et al., 2025; Singh et al., 2023; Uzcanga-Pérez et al., 2022). Aunque este sistema se asocia con mayores rendimientos, también implica la degradación del suelo y pérdida de riqueza de especies debido a la simplificación del paisaje y a la reducción de hábitats disponibles para los organismos del agroecosistema (Uzcanga-Pérez et al., 2022; Yang et al., 2024; Zhang et al., 2022). En contraste, la milpa es un sistema agrícola ancestral utilizado por los grupos originarios, en el que el maíz se cultiva en asociación con frijol (*Phaseolus* spp.), calabaza (*Cucurbita* spp.), además de otras especies cultivadas de importancia regional como chile (*Capsicum annuum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y diversas cucurbitáceas adicionales; en algunos casos, también se integran especies frutales, mejorando las condiciones edáficas y la diversidad de insectos benéficos en el agroecosistema (Martinez et al. 2024; Ortiz-Timoteo et al., 2014; Zelaya-Molina et al., 2022). Su manejo es gestionado por pequeños productores con bajo uso de agroinsumos, preferencia por abonos orgánicos y prácticas de manejo agroecológicas de plagas (Mijangos Cortés et al., 2023; Nigh et al., 2013).

En los agroecosistemas de maíz, los insectos cumplen funciones esenciales al actuar como polinizadores, descomponedores, fitófagos, depredadores y parasitoides (Jankielsohn et al., 2018). Los depredadores incluyen a Carabidae, Coccinellidae, Syrphidae, Pentatomidae, Reduviidae, Chrysopidae y Formicidae, los cuales consumen distintos estadios de plagas clave

y contribuyen significativamente a la regulación de sus poblaciones (Hernández-Trejo et al., 2019; Kumar et al., 2018; Winsor, 2022). A su vez, los parasitoides de familias como Braconidae, Ichneumonidae, Tachinidae, Pteromalidae, Chalcididae, Eulophidae, Figitidae y Scelionidae parasitan estadios inmaduros de insectos plaga y reducen su abundancia (Méndez Flota et al., 2024; Pierre et al., 2022; Torres-Moreno et al., 2021).

Diversos estudios han demostrado que los sistemas agrícolas con mayor diversidad vegetal, como la milpa, proporcionan más recursos florales y refugios, lo que incrementa la diversidad y abundancia de insectos benéficos, favoreciendo la regulación natural de las poblaciones de insectos plaga (Callejas-Chavero et al., 2019; Priyadarshana et al., 2021). En la Península de Yucatán, se ha observado una mayor diversidad de enemigos naturales en sistemas de maíz asociados con leguminosas en comparación con el monocultivo (Pierre et al., 2022). Asimismo, los policultivos presentan una distribución más equilibrada de los insectos benéficos (García González et al., 2022). Estos hallazgos destacan la importancia del manejo del cultivo en la configuración de la diversidad y abundancia de insectos. Desde un enfoque integrador, el presente estudio tiene como objetivo determinar la riqueza, diversidad y dominancia de familias de insectos asociados al cultivo de maíz en unidades de producción manejadas bajo el sistema monocultivo y el tradicional de milpa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente estudio se realizó en siete unidades de producción de cultivo de maíz ubicadas en el estado de Yucatán, México (Figura 1). Tres de estas unidades se localizaron en el municipio de Muna y operan bajo un sistema de monocultivo. Las cuatro restantes se ubicaron en el municipio de Peto y emplean el sistema de manejo milpa (Cuadro 1). La región presenta un clima cálido y semihúmedo, con lluvias en verano.

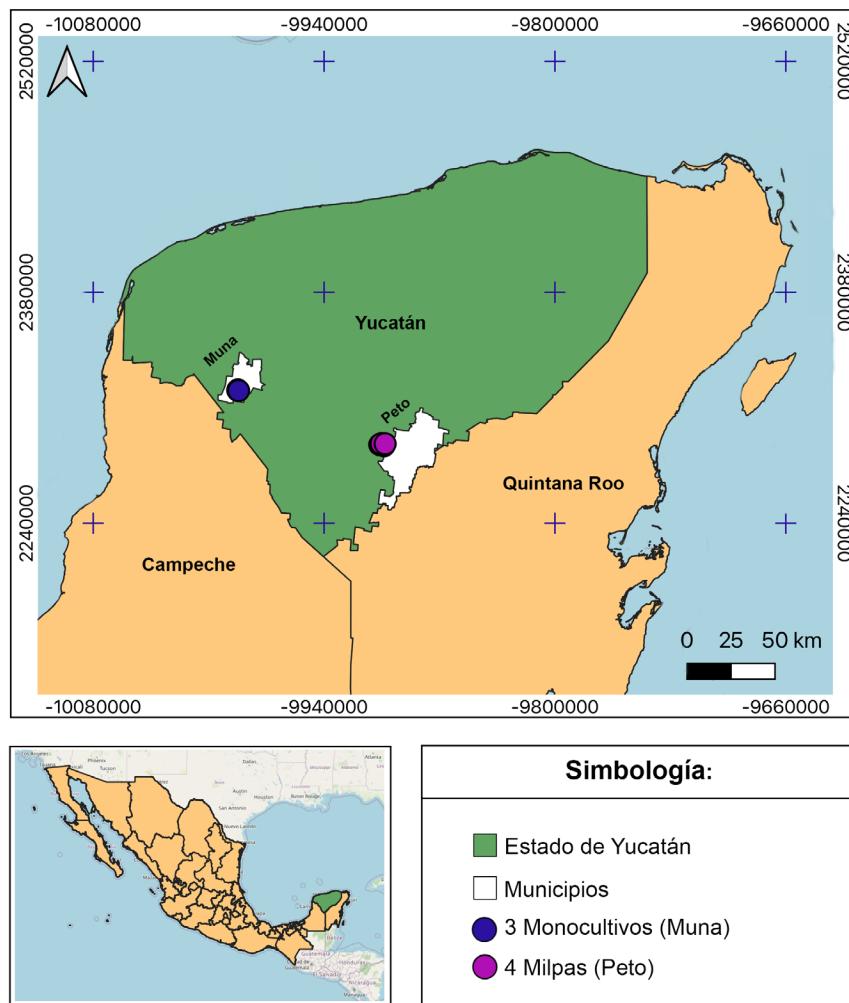


Figura 1. Mapa del área de estudio de las unidades de producción.

Cuadro 1. Características de las unidades de producción de maíz en sistemas monocultivo y en sistema milpa donde se realizaron los muestreos de insectos, Yucatán, México.

Unidades de producción	Sistema / cultivos	Ubicación
Monocultivo I	Monocultivo / maíz variedad Santa Rosa.	Municipio de Muna (20.4036°N, 89.7622°O)
Monocultivo II	Monocultivo / maíz variedad V560	Municipio de Muna (20.4011°N, 89.7628°O)
Monocultivo III	Monocultivo / maíz variedad V562	Municipio de Muna (20.3999°N, 89.7584°O)
Milpa I	Sistema milpa / maíz criollo, frijol y calabaza	Municipio de Peto (20.1186°N, 88.9660°O)
Milpa II	Sistema milpa / maíz criollo, frijol, calabaza y plátano	Municipio de Peto (20.1239°N, 88.9897°O)
Milpa III	Sistema milpa / maíz criollo, frijol, calabaza y plátano	Municipio de Peto (20.1291°N, 88.9818°O)
Milpa IV	Sistema milpa / maíz criollo, frijol, calabaza, limón, mango y papaya	Municipio de Peto (20.1286°N, 88.9602°O)

Descripción del manejo de las unidades de producción

El sistema de monocultivo corresponde a plantaciones de maíz con variedades mejoradas (Santa Rosa, V560 y V562), establecidas en superficies de entre 5 ha y 10 ha. La preparación del suelo incluyó dos pasos de rastra y siembra mecanizada. Como control preemergente de malezas se aplicaron herbicidas comerciales como S-metolacloro + atrazina, S-metolacloro, y mesotriione + atrazina. Durante el desarrollo del cultivo V = etapa vegetativa (V3-V5 y V7-V9) se realizaron dos aplicaciones de insecticidas para el control de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), utilizando productos como lambdacialotrina, abamectina y spinetoram. En la etapa V6-V7 se aplicó paraquat dirigido al control de malezas. La fertilización se efectuó en V4 y V10, con la fórmula 150-80-00 (N:P:K) en proporciones iguales, con urea y fosfato diamónico como fuentes de nutrientes.

El cultivo de maíz en sistema milpa consistió en unidades de producción de 0.5 ha a 2 ha, rodeadas de vegetación arbórea. Las prácticas de manejo se realizaron de forma manual. La eliminación de malezas se realizó manualmente en las etapas v3-v5, y se aplicó el herbicida paraquat dirigido a las malezas en etapa de cultivo v6-v7. La fertilización se efectuó en las etapas v5-v7, con la fórmula 80-50-00 (N:P:K), usando la urea y fosfato diamónico. En las unidades de producción en milpa, se establecieron cultivos asociados al maíz, como frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) y calabaza (*Cucurbita* spp.) como principales especies. En ciertos casos también se estableció plátano (*Musa × paradisiaca* L.), limón [*Citrus × aurantifolia* (Christm) Swingle], mango (*Mangifera indica* L.) y papaya (*Carica papaya* L.) (Cuadro 1).

Diseño y método de muestreo

Los muestreos iniciaron un mes antes del establecimiento del cultivo de maíz y continuaron durante sus fases vegetativa y reproductiva, entre mayo y agosto de 2024 (Figura 2). En cada unidad de producción se delimitó una superficie de 0.5 ha dentro del área del cultivo, donde se establecieron transectos de 30 m de largo por 10 m de ancho. La colecta de insectos se realizó con redes entomológicas de 30 cm de diámetro,

dirigiendo la colecta hacia el follaje de las plantas de maíz. Los muestreos se realizaron cada 10 días, en horario de 8:00 h a 11:00 h. En cada muestreo se efectuaron 300 redadas con la red de golpeo. En total, se realizaron 12 muestreos por unidad de producción: 36 en tres sistemas de monocultivo y 48 en cuatro sistemas de milpa.

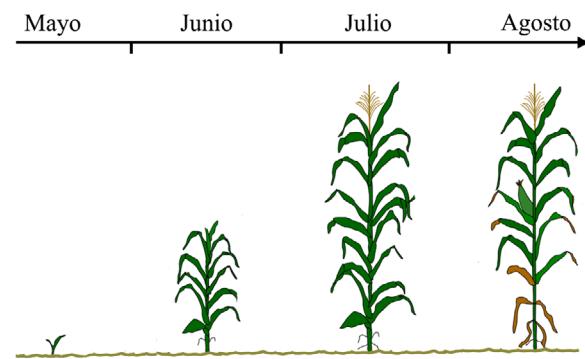


Figura 2. Desarrollo fenológico del cultivo de maíz durante los meses de muestreo en Yuna, Yucatán, México.

Determinación taxonómica

Los insectos colectados se depositaron en bolsas Ziploc debidamente etiquetadas con los datos de colecta, y posteriormente fueron trasladados al laboratorio, donde se identificaron con la ayuda de estereoscopios de las marcas Motic (Xiamen, China) y AmScope (United Scope LLC, Irvine, Estados Unidos). Para la determinación taxonómica se emplearon claves dicotómicas y literatura especializada (Eaton & Kaufman, 2007; Evans & Tufts, 2007; McGavin, 2002; Nájera-Rincón & Souza, 2010). Así como bases de datos y observaciones en línea de la Global Biodiversity Information Facility y iNaturalist, para corroborar la presencia de familias y especies reportadas en México. Todos los ejemplares fueron identificados a nivel familia.

Análisis de datos

Para cada sistema agrícola (milpa y monocultivo), los individuos colectados se agruparon por familia. La abundancia relativa de cada familia se calculó como la proporción que representaba el número de individuos de la familia respecto al total de individuos registrados en cada sistema. Este procedimiento permitió comparar de manera estandarizada la composición de

familias entre los dos sistemas (Cuadro 2). Para visualizar la equitatividad en la distribución de las familias, se emplearon curvas de rango-abundancia (curvas de Whittaker), las cuales representan la distribución de la abundancia de las familias en cada sistema. Se incluyeron únicamente las cinco familias más abundantes en cada sistema, las cuales concentraron el 57.4 % de los individuos registrados en monocultivo y el 58.4 % en milpa. Este criterio permite representar la estructura dominante de la comunidad y evitar que la inclusión de familias poco frecuentes distorsione la comparación de las curvas (Magurran, 2013).

Para estimar la diversidad alfa en ambos sistemas de producción se emplearon los números de Hill de orden $q = 0, 1$ y 2 , utilizando la plataforma iNEXT Online (Chao et al., 2014). El índice $q = 0$ (riqueza

observada), asigna el mismo peso a todas las familias y se calculó a partir de datos de presencia/ausencia (incidencia) en cada muestreo. Los índices $q = 1$ (diversidad de Shannon), que otorga mayor peso a las familias comunes, y $q = 2$ (índice de Simpson, $1/D$), que favorece a las familias más abundantes, se estimaron a partir de datos de abundancia.

Dado que el número de muestreos fue diferente entre la milpa (36) y el monocultivo (48), se aplicaron procedimientos de rarefacción y extrapolación con el fin de estandarizar el esfuerzo de muestreo y ajustar la comparación a una base común de cobertura de muestreo. Este procedimiento permitió comparar de manera adecuada la diversidad efectiva entre ambos sistemas de producción (Lou & González-Oreja, 2012).

Cuadro 2. Abundancia de individuos en las familias de insectos recolectadas en las unidades de producción de maíz en Yucatán, México.

Orden, Familia	Sistema Monocultivo			Abundancia relativa %	Sistema Milpa				Abundancia relativa	Total
	I	II	III		I	II	III	IV		
DIPTERA										
Chloropidae	282	238	78	8.5	268	143	118	100	9.0	1,227
Drosophilidae	7	3	3	0.2	70	146	162	314	9.9	705
Muscidae	32	74	45	2.2	74	36	72	58	3.4	391
Culicidae	36	10	6	0.7	22	75	17	20	1.9	186
Ulidiidae	3	5	9	0.2	29	16	10	10	0.9	82
HYMENOPTERA										
Formicidae	212	209	213	9.0	129	193	199	101	8.9	1,256
Apidae	25	26	23	1.1	28	46	22	28	1.8	198
Braconidae	13	11	14	0.5	12	8	10	17	0.7	85
HEMIPTERA										
Cicadellidae	27	28	18	1.0	36	21	38	51	2.1	219
Miridae	11	32	51	1.3	59	28	5	6	1.4	192
Cercopidae	11	29	28	1.0	51	13	42	17	1.8	191
Lygaeidae	19	8	9	0.5	28	57	8	34	1.8	163
Aphididae	5	8	8	0.3	2	16	78	33	1.8	150
Cixiidae	73	38	8	1.7	3	1	2	3	0.1	128
COLEOPTERA										
Chrysomelidae	63	37	98	2.8	24	13	30	43	1.6	308
Curculionidae	16	20	9	0.6	46	26	47	64	2.6	228
LEPIDOPTERA										
Noctuidae	20	26	54	1.4	67	19	30	27	2.0	243
ORTHOPTERA										
Acrididae	17	36	42	1.4	19	6	23	14	0.9	157

Nota: Las familias con menos de 80 individuos no se presentan en este cuadro. El listado completo de familias se encuentra en el Cuadro S1 (material suplementario).

El esfuerzo de muestreo (%) se estimó a partir de las curvas de rarefacción y extrapolación mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Esfuerzo de muestreo (\%)} = \frac{\text{riqueza observada}}{\text{riqueza esperada}} \times 100$$

La suficiencia del muestreo se evaluó mediante curvas de cobertura de la muestra para los índices de diversidad (q_0 , q_1 y q_2), las cuales se generaron en el software R (R Core Team, 2025) utilizando el paquete iNEXT (Hsieh et al., 2025) y se graficaron con el paquete ggplot2 (Wickham, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron un total de 7,012 individuos pertenecientes a 119 familias agrupadas en 12 órdenes de insectos (Cuadro S1). El orden más diverso fue Hymenoptera, con 28 familias, seguido de Diptera con 25 y Hemiptera con 24, mientras que los demás

órdenes registraron 20 o menos familias (Cuadro S1) (Figura 3). En cuanto a la abundancia, las tres familias más representativas fueron Formicidae, con 1,256 individuos (17.9 %), Chloropidae con 1,227 (17.5 %) y Drosophilidae con 705 (10.1 %); el resto de las familias presentó menos de 80 individuos.

El sistema milpa registró una mayor riqueza de familias, con 95 (80 % del total), en comparación con el monocultivo, que presentó 89 (75 %) (Figura 3). En total, 24 familias se encontraron en ambos sistemas. Predominaron Formicidae (9 % en monocultivo y 8.9 % en milpa) y Chloropidae (8.5 % y 9 %, respectivamente); sin embargo, en la milpa destacó Drosophilidae, con 9.9 % de la abundancia, lo que no se observó en monocultivo (Cuadro 2). El resto de las familias tuvo una representación menor al 4 % en ambos sistemas.

La familia Formicidae ha sido reportada como abundante en diversos tipos de agroecosistemas, incluido el maíz (Fernandes et al., 2019). Esta familia presenta una amplia diversidad de funciones ecoló-

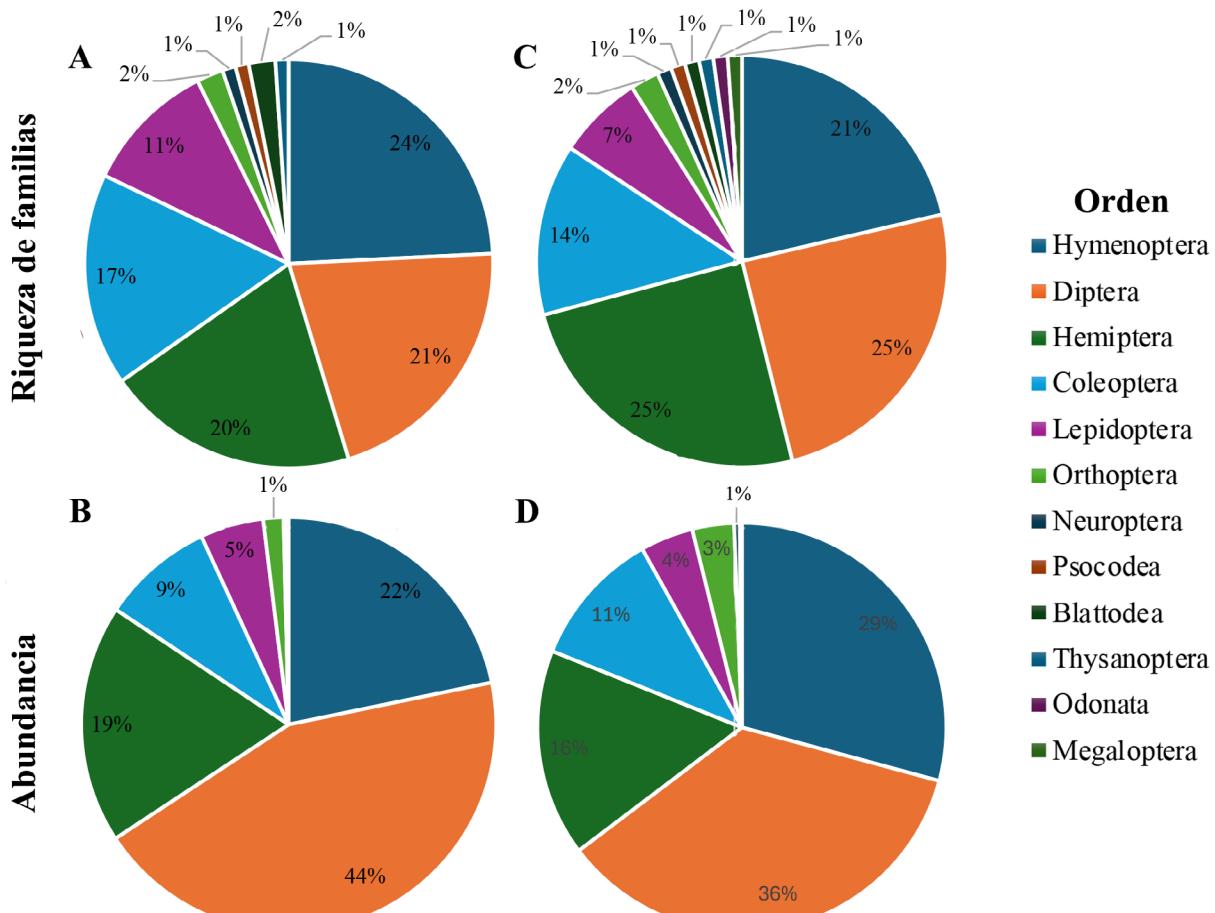


Figura 3. Gráficos de pastel que señalan la proporción de familias (A) y la abundancia relativa de cada orden (B) registrados en el sistema de monocultivo, así como las proporciones correspondientes para el sistema milpa (C y D, respectivamente).

gicas dentro de los agroecosistemas y es altamente sensible a las alteraciones ambientales o a cambios en la composición de la vegetación (Rodríguez-de León et al., 2019). En el cultivo de maíz, Formicidae adquiere relevancia como agente de control biológico de plagas como *Spodoptera frugiperda* y *Dalbulus maidis* (DeLong y Wolcott), ya que se ha documentado que especies de los géneros *Pheidole* y *Solenopsis* pueden actuar como controladores eficientes (Diaz et al., 2004; Perfecto, 1991). Por su parte, la familia Chloropidae se caracteriza por hábitos fitófagos, cuyas larvas causan daños leves en diversas especies de gramíneas, aunque también incluye especies con hábitos descomponedores (Albajes et al., 2013; Berés et al., 2015). En otras regiones del mundo, algunas especies de clorópidos representan un riesgo importante para el maíz (Dawah et al., 2020; Horgan, 2023). En cuanto a Drosophilidae, debido a sus hábitos de alimentación en exudados y frutos en descomposición, este grupo de insectos suele ser abundante en diversos agroecosistemas, principalmente en aquellos donde existen árboles frutales asociados o especies frutícolas silvestres que resultan atractivas (Keesey et al., 2015; Yoshimoto et al., 2005). Aunque algunas especies son comunes y, en ciertos frutales, podrían considerarse plagas, Drosophilidae no representa un riesgo como plaga primaria del cultivo de maíz (Swoboda-Bhattarai et al., 2020; Tait et al., 2021). En diversas regiones de México y Estados Unidos, se ha reportado como entomofauna representativa en el cultivo de maíz a las familias Chrysomelidae, Curculionidae, Cicadellidae y Noctuidae (Faris et al., 2024; Jiménez-Galindo et al., 2023; Maharjan et al., 2023). Estas familias también fueron registradas en nuestro estudio, aunque no se encontraron entre las más abundantes. Por su parte, otros trabajos, como los de Ávila-Rodríguez et al. (2023) y Chirinos et al. (2024), reportaron que Coccinellidae y Syrphidae son familias típicas en el cultivo de maíz; sin embargo, en el presente estudio se registraron con un número reducido de individuos. La baja abundancia de Syrphidae y Coccinellidae registrada en este estudio coincide con lo reportado para cultivos de maíz donde ambas familias dependen fuertemente de la presencia de áfidos como recurso trófico (Centeno-Parrales et al., 2022). En el caso de Syrphidae, su abundancia puede fluctuar considerablemente entre años y localidades, principalmente por la disponibilidad de áfidos y la presión

ejercida por parasitoides (Krawczyk et al., 2011). En cuanto a Coccinellidae, su baja representación podría estar influenciada tanto por las condiciones de manejo del cultivo como por la eficiencia de los métodos de muestreo empleados (Zambrano Mero et al., 2024). En conjunto, estos factores explican la baja abundancia registrada para ambas familias en este estudio.

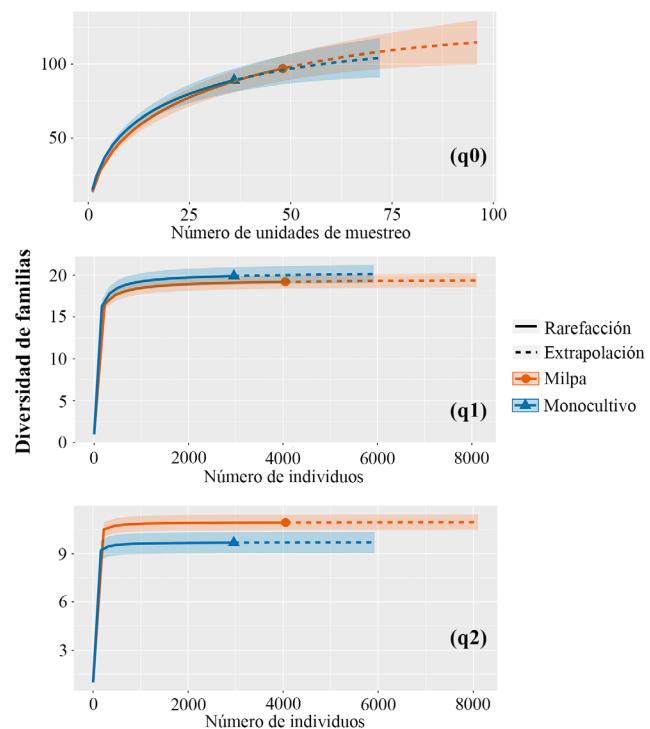


Figura 4. Curvas de rarefacción (líneas continuas) y extrapolación (líneas punteadas) para los números de Hill (q0, q1 y q2) basadas en la abundancia relativa de familias de insectos en dos unidades de producción. Las sombras indican el IC 95 %. La riqueza observada y esperada corresponden al valor final de la rarefacción y extrapolación, respectivamente (Chao et al., 2014).

Riqueza, diversidad y dominancia de familias de insectos en agroecosistemas de maíz

El índice q0 (riqueza de familias) presentó diferencias entre ambos sistemas de producción (Figura 4). Las curvas de rarefacción mostraron un rápido incremento en la riqueza durante las primeras unidades de muestreo, seguido de una desaceleración en la acumulación de familias. Las extrapolaciones sugieren valores ligeramente superiores en la milpa, aunque la estabilización de las curvas no se alcanza completamente dentro del rango de muestreo. En cuanto a la representatividad del muestreo, se alcanzó un 85 % en el monocultivo (89 familias observadas de 105 esperadas) y un 77 % en la milpa (95 de 123), lo que sugiere que el esfuerzo de muestreo

fue insuficiente en ambos sistemas (Figura S1, material suplementario). Aunque los intervalos de confianza se solapan, lo que sugiere que las diferencias no son estadísticamente significativas, la tendencia de las curvas indica que, con un mayor esfuerzo de muestreo, la milpa podría registrar una diversidad ligeramente superior al monocultivo. La milpa mostró una ligera tendencia a mayor riqueza, lo cual podría atribuirse a su complejidad estructural y heterogeneidad, propias de los sistemas de policultivo que generan una mayor diversidad de micro-hábitats, mayor estratificación vegetal, más recursos florales, mayor disponibilidad de refugios y una oferta más variada de fuentes de alimento (Cuadro 1) (Aslam et al., 2025). Estas condiciones favorecen la presencia de familias poco comunes, raras o especialistas, como las de insectos parásitoides (Orozco-Péon et al., 2019). En contraste, aunque el monocultivo presenta una menor riqueza estructural, algunas familias, por ejemplo, Cicadellidae, Aphididae, Miridae, Chrysomelidae y Noctuidae, pueden prosperar si encuentran plantas hospederas que les sirven de alimento (Kosovac et al., 2023). Además, la riqueza registrada en este sistema podría estar influenciada por la matriz del paisaje circundante, que actúa como refugio y facilita el intercambio de individuos entre hábitats (Lasmar et al., 2021; Öckinger et al., 2012). En este sentido, sería pertinente que estudios futuros evalúen el papel de la matriz en el ensamblaje de comunidades de insectos asociados a estos sistemas productivos. En conjunto, estos resultados sugieren que el maíz, en ambos sistemas, constituye un componente esencial del agroecosistema, ya que incluso bajo distintos esquemas de manejo es capaz de albergar una riqueza considerable de familias de insectos en comparación con otros cultivos anuales de estructura simple y bajo manejo intensivo (Del-Val et al., 2021).

El índice q_1 (diversidad de Shannon) mostró valores similares entre el monocultivo (20 familias efectivas) y la milpa (18), ambos con un 100 % del esfuerzo de muestreo. Las curvas de rarefacción y extrapolación se estabilizaron, lo que indica que la diversidad ponderada por abundancia fue completamente capturada y que no existen diferencias marcadas en la diversidad efectiva entre ambos sistemas. En consecuencia, aunque los sistemas de producción difieren en complejidad estructural, la diversidad efectiva permanece comparable entre ambos. Esto coincide con lo reportado por Prokop et al. (2022), quienes señalan que, en sistemas

de monocultivo, la diversidad puede mantenerse alta debido a la presencia de especies generalistas, como las pertenecientes a la familia Formicidae. De manera similar, otros estudios han indicado que la simplificación del hábitat no necesariamente reduce la diversidad común ni la uniformidad en la distribución de los taxones presentes, e incluso puede favorecer una distribución relativamente homogénea de los taxones más abundantes (Dong et al., 2020; Paiva et al., 2020).

El índice q_2 (diversidad de Simpson 1/D), representante del número efectivo de familias dominantes en una comunidad, fue mayor en la milpa ($q_2 = 11$) que en el monocultivo ($q_2 = 9.5$). Este resultado indica que la milpa presenta una mayor equidad en la distribución de la abundancia entre las familias, lo cual sugiere una comunidad más equilibrada y con menor dominancia. En contraste, el monocultivo mostró una diversidad efectiva menor, posiblemente influenciada por la mayor representación relativa de las familias Chloropidae y Formicidae, que en conjunto constituyen el 18 % de la abundancia total en ese sistema (Cuadro 2). Esta concentración relativa podría estar reduciendo la equidad en la comunidad. En ambos sistemas, las curvas de rarefacción y extrapolación se aplanaron y mostraron valores similares, lo que indica que el esfuerzo de muestreo fue suficiente (cobertura cercana al 100 %) y que las familias más abundantes fueron adecuadamente registradas. Estudios previos destacan que la disponibilidad de recursos, como suelos con mayor materia orgánica y cobertura vegetal diversa, favorece la detección y el establecimiento de una alta diversidad de grupos de insectos (Neupane et al., 2021; Tarigan et al., 2024), respaldando la representatividad de los datos obtenidos. La mayor equidad observada en sistemas se explica por la heterogeneidad estructural y la diversidad de cultivos, plantas y frutos en distintas etapas de desarrollo, además de los refugios naturales que proporcionan recursos para insectos generalistas y especialistas (Benrey et al., 2024). Esta concentración relativa reduce la equidad y determina la organización general de la comunidad, limitando la presencia de familias menos abundantes, de manera similar a lo reportado en pastizales semiáridos (Ohlert et al., 2025). En conjunto, estos resultados muestran que la milpa alberga comunidades de insectos con mayor equidad en comparación con el monocultivo, el cual presenta una dominancia marcada de pocas familias.

Estructura de comunidades de insectos en las unidades de producción

En el análisis de la estructura de las comunidades (Figura 5), en el monocultivo la pendiente es más pronunciada e indica una mayor dominancia de pocas familias, por tanto, una menor equidad en la distribución de abundancias. La familia Formicidae presentó la mayor abundancia relativa, seguida por Chloropidae. En la milpa, la curva es más plana, lo que refleja una distribución más equitativa entre las familias y, por consiguiente, una mayor diversidad estructural, donde la familia dominante fue Drosophilidae, con abundancias similares a Chloropidae y Formicidae. Los resultados del presente estudio coinciden con lo reportado en otros trabajos, como el de Livia et al. (2020), quienes encontraron en Perú que Formicidae fue la familia más dominante. Las diferencias en las familias dominantes entre las unidades bajo sistema monocultivo y aquellas del sistema milpa sugieren que el tipo de manejo de la unidad de producción influye en la composición de las comunidades de estos grupos de insectos. En el sistema de monocultivo se observó una mayor abundancia de Formicidae, lo cual podría estar asociado con la presencia de plagas de lepidópteros, como *Spodoptera frugiperda* y *Heliothis zea* (Boddie) (Knutson & Campos, 2008; Zina et al., 2022), dado que las hormigas son depredadores generalistas y podrían alimentarse de dichas plagas (Hölldobler & Wilson, 1990). Por otro lado, los individuos de la familia Drosophilidae son especies generalistas que normalmente se reproducen en frutos en descomposición de una gran variedad de plantas, y el sistema milpa resulta ideal para su proliferación, puesto que alberga diversas especies de cultivos, incluyendo algunas especies de frutales tanto cultivadas como silvestres (Rakes et al., 2023). Estos resultados sugieren que la milpa alberga comunidades de insectos más diversas y con una composición mayormente equitativa en comparación con el monocultivo.

CONCLUSIONES

Este estudio señala que el sistema milpa alberga una mayor riqueza de familias de insectos en comparación

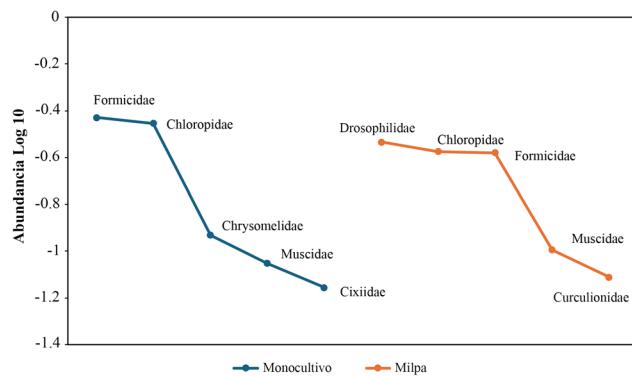


Figura 5. Curvas de Whittaker de estructura de comunidades de familias de insectos en las unidades de producción de maíz en Yucatán, México.

con el monocultivo de maíz en Yucatán. Asimismo, la milpa muestra una tendencia hacia una mayor diversidad y equidad en la distribución de las abundancias, lo que se traduce en comunidades de insectos más equilibradas. En la milpa se observó una mayor equidad en la distribución de las familias de insectos, mientras que, en el monocultivo con pocas familias, Formicidae y Chloropidae representaron la mayor proporción de individuos. No obstante, la diversidad común, medida por el índice de Shannon, se mantiene relativamente similar entre ambos sistemas, lo que sugiere que la presencia de familias generalistas podría compensar parcialmente la simplificación del hábitat en los monocultivos. Estos resultados subrayan la importancia de la milpa para la conservación de la diversidad de insectos y el papel funcional de ciertas familias dominantes en ambos contextos productivos. Se recomienda profundizar en estudios que consideren la influencia del paisaje y las prácticas agrícolas con el fin de mejorar las estrategias de conservación y el manejo integrado de plagas en los cultivos de maíz.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación de México por la beca de doctorado otorgada a Diana L. Méndez Flota (núm. 1080811). A todos los miembros de la comisaría de Xoy, Peto (Yucatán) por apoyar el proyecto y permitir el acceso a los cultivos, en especial a Nazario Poot, Casimiro Pinzón y Lucio Cuxim. A Daniel Pérez Guardián por la ayuda en el trabajo en campo, en la edición de imágenes y figuras del artículo. A Jesús M. López Vila, del departamento de conservación de la biodiversidad de ECOSUR, Unidad

San Cristóbal de las Casas, por su ayuda en la revisión de las figuras de los índices de diversidad. Este trabajo fue financiado por el Tecnológico Nacional de México (Proyecto 23,259.25-P) "Diversidad de himenópteros de las familias Formicidae y Apidae asociados al cultivo de maíz y análisis de su susceptibilidad a insecticidas".

LITERATURA CITADA

- Albajes, R., Lumbierres, B., Pons, X., & Comas, J. (2013). Representative taxa in field trials for environmental risk assessment of genetically modified maize. *Bulletin of Entomological Research*, 103(6), 724-733. <https://doi.org/10.1017/S0007485313000473>
- Albahri, G., Alyamani, A. A., Badran, A., Hijazi, A., Nasser, M., Maresca, M., & Baydoun, E. (2023). Enhancing essential grains yield for sustainable food security and bio-safe agriculture through latest innovative approaches. *Agronomy*, 13(7), 1709. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071709>
- Aslam, S., Naeem, M., Hussain, S., Riasat, M., Rafi, M. A., Zia, A., Rafique, M. K., Bashir, N. H., & Chen, H. (2025). Biodiversity of non-*Apis* bees (Hymenoptera: Apoidea) in the Potohar region of Pakistan. *Diversity*, 17(1), 4. <https://doi.org/10.3390/d17010004>
- Ávila-Rodríguez, V., Nava-Camberos, U., Czaja, A., Estrada-Rodríguez, J. L., García-de la Peña, M. C., Hernández Arreola, A. L., Rivera Zamarripa, A. D., Ramírez Aguillón, D., & Reyes-Muñoz, J. L. (2023). Diversidad de insectos en maíz en la Comarca Lagunera, México. *Southwestern Entomologist*, 48(1), 203-212. <https://doi.org/10.3958/059.048.0120>
- Benrey, B., Bustos-Segura, C., & Grof-Tisza, P. (2024). The Mesoamerican milpa system: Traditional practices, sustainability, biodiversity, and pest control. *Biological Control*, 198, 105637. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2024.105637>
- Berés, P. K. (2015). The occurrence and harmfulness of *Oscinella frit* L. (Diptera: Chloropidae) to maize cultivars cultivated for grain in south-eastern Poland. *Acta Scientiarum Polonorum Agricultura*, 14(3), 15-24.
- Callejas-Chavero, A., Cornejo-Romero, A., Serrato-Díaz, A., & Rendón-Aguilar, B. (2019). Diversity and trophic structure of insects associated with grains of three maize landraces in San Agustín Loxicha, Oaxaca, México. *Entomological Science*, 22(1), 42-47. <https://doi.org/10.1111/ens.12335>
- Centeno-Parrales, J. A., Chirinos, D. T., & Kondo, T. (2022). Trophic networks associated with the corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae) in a cornfield, Manabí, Ecuador. *Scientia Agropecuaria*, 13(4), 327-333. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.029>
- Chao, A., Gotelli, N. J., Hsieh, T. C., Sander, E. L., Ma, K. H., Colwell, R. K., & Ellison, A. M. (2014). Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: A framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs*, 84(1), 45-67. <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>
- Chirinos, D. T., Sánchez-Mora, F., Zambrano, F., Castro-Olaya, J., Vasconez, G., Cedeño, G., Pin, K., Zambrano, J., Suárez-Navarrete, V., Proaño, V., Mera-Macías, J., & Vasquez, C. (2024). Entomofauna associated with corn cultivation and damage caused by some pests according to the planting season on the Ecuadorian coast. *Agronomy*, 14(4), 748. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040748>
- Cryan, T., Musselman, O., Baumgardner, A. W., Osborn, S., Beuscher, C. J., Stehn, C., Burt, A., Chaaban, R., Lopez, A., Lewis, G., Mata, G., Rothenberg, M., Plascencia-Márquez, A., Greer, R., Stremlau, R., Murphy, H., Newman, L. R., Merrill, A., & Wadgymar, S. M. (2025). Yield, growth, and labor demands of growing maize, beans, and squash in monoculture versus the Three Sisters. *Plants, People, Planet*, 7(1), 204-214. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10576>
- Dawah, H. A., Abdullah, M. A., & Deeming, J. C. (2020). An overview of the Chloropidae (Diptera) of Saudi Arabia. *Zootaxa*, 4791(1), 1-89. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4791.1.1>
- Del-Val, E., Ramírez, E., & Astier, M. (2021). Comparison of arthropod communities between high and low input maize farms in Mexico. *CABI Agriculture and Bioscience*, 2, 40. <https://doi.org/10.1186/s43170-021-00060-9>
- Díaz, R., Knutson, A., & Bernal, J. S. (2004). Effect of the red imported fire ant on cotton aphid population density and predation of bollworm and beet armyworm eggs. *Journal of Economic Entomology*, 97(2), 222-229. <https://doi.org/10.1093/jee/97.2.222>
- Dong, Z., Zhang, Q., Li, L., Lu, Z., Li, C., Ouyang, F., Tscharntke, T., Yu, Y., & Men, X. (2020). Landscape agricultural simplification correlates positively with the

- spatial distribution of a specialist yet negatively with a generalist pest. *Scientific Reports*, 10, 344. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57077-4>
- Eaton, E. R., & Kaufman, K. (2007). *Kaufman Field Guide to Insects of North America*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Evans, A. V., & Tufts, C. (2007). *National Wildlife Federation Field Guide to Insects and Spiders & Related Species of North America*. Sterling Publishing.
- Faris, A. M., Duffeck, M. R., Olson, J. D., Espindola, A. S., Muller, L., Velasco, S. E., & Zambiasi, J. M. (2024). First report of *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) in Oklahoma. *Insects*, 15(10), 778. <https://doi.org/10.3390/insects15100778>
- Fernandes, M. G., Costa, E. N., Dutra, C. C., & Raizer, J. (2019). Species richness and community composition of ants and beetles in Bt and non-Bt maize fields. *Environmental Entomology*, 48(5), 1095-1103. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz086>
- García González, M. T., Rodríguez-Coca, L. I., Fernández Cancio, Y., Rodríguez Jáuregui, M. M., & Gil Uday, Z. (2022). Biodiversidad de insectos en sistemas de policultivos de maíz (*Zea mays* L.). *Ecosistemas*, 31(3), 2400. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2400>
- Hernández-Trejo, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez-Herrera, R., García Girón J. M., Patiño-Arellano, S. A., & Osorio-Hernández, E. (2019). Importance of biological control of pests in corn (*Zea mays* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10(4), 803-813.
- Hölldobler, B., & Wilson, E. O. (1990). *The Ants*. Belknap Press of Harvard University Press.
- Hosseini, H. Y., Azizpanah, A., & Namdari, M. (2024). Environmental life cycle assessment of corn production in tropical regions. *Scientific Reports*, 14, 20036. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-70923-4>
- Horgan, F. G. (2023). The structure of rice stemborer assemblages: A review of species' distributions, host ranges, and interspecific interactions. *Insects*, 14(12), 921. <https://doi.org/10.3390/insects14120921>
- Hsieh, K. H., Ma, K. H., & Chao, A. (2025, 30 de julio). Package iNEXT: Interpolation and Extrapolation for species diversity Version 3.0.2. <https://cran.r-project.org/web/packages/iNEXT/iNEXT.pdf>
- Jankielsohn, A. (2018). The importance of insects in agricultural ecosystems. *Advances in Entomology*, 6(2), 62-73. <https://doi.org/10.4236/ae.2018.62006>
- Jiménez-Galindo, J. C., Castillo-Rosales, A., Castellanos-Pérez, G., Orozco-González, F., Ortega-Ortega, A., Padilla-Chacón, D., Butrón, A., Revilla, P., & Malvar, R. A. (2023). Identification of resistance to the corn weevil (*Sitophilus zeamais* M.) in Mexican maize races (*Zea mays* L.). *Agronomy*, 13(2), 312. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020312>
- Keesey, I. W., Knaden, M., & Hansson, B. S. (2015). Olfactory specialization in *Drosophila suzukii* supports an ecological shift in host preference from rotten to fresh fruit. *Journal of Chemical Ecology*, 41, 121-128. <https://doi.org/10.1007/s10886-015-0544-3>
- Knutson, A. E., & Campos, M. (2008). Effect of red imported fire ant, *Solenopsis invicta* on abundance of corn earworm, *Helicoverpa zea*, on maize in Texas. *Southwestern Entomologist*, 33(1), 1-13. <https://doi.org/10.3958/0147-1724-33.1.1>
- Kosovac, A., Rekanović, E., Ćurčić, Ž., Stepanović, J., & Duduk, B. (2023). Plants under siege: Investigating the relevance of '*Ca. P. solani*' cixiid vectors through a multi-test study. *Plants*, 12(24), 4157. <https://doi.org/10.3390/plants12244157>
- Krawczyk, A., Hurej, M., & Jackowski, J. (2011). Syrphids and their parasitoids from maize crop. *Journal of Plant Protection Research*, 51(1), 93-97.
- Kumar, P., Kaur, J., Suby, S. B., Sekhar, J. C., & Lakshmi, S. P. (2018). Pests of maize. En O. Omkar (Ed.), *Pests and Their Management* (pp. 51-79). Springer Nature.
- Ku-Pech, E. M., Mijangos-Cortés, J. O., Simá-Gómez, J. L., Islas-Flores, I., Sauri-Duch, E., & Latournerie-Moreno, L. (2020). Los maíces nativos de la Península de Yucatán: La maravilla en sus colores. *Desde el Herbario CICY*, 12, 74-79.
- Lasmar, C. J., Queiroz, A. C. M., Rosa, C., Carvalho, N. S., Schmidt, F. A., Solar, R. R. C., Paolucci, L. N., Cuissi, R. G., & Ribas, C. R. (2021). Contrasting edge and pasture matrix effects on ant diversity from fragmented landscapes across multiple spatial scales. *Landscape Ecology*, 36, 2583-2597. <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01258-y>
- Livia, C., Sánchez, G., & Cruces, L. (2020). Diversidad de insectos del suelo asociados al cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en La Molina / Lima / Perú. *Ecología Aplicada*, 19(2). <https://doi.org/10.21704/rea.v19i2.1556>
- Lou, J., & González-Oreja, J. A. (2012). Midiendo la diversidad biológica: Más allá del índice de Shannon. *Acta Zoológica Lilloana*, 56(1-2), 3-14.
- Magurran, A. E. (2013). *Measuring Biological Diversity*. Wiley-Blackwell.

- Maharjan, R., Hong, S., Ahn, J., Yoon, Y., Jang, Y., Kim, J., Lee, M., Park, K., & Yi, H. (2023). Temperature and host plant impacts on the development of *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae): Linear and nonlinear modeling. *Insects*, 14(5), 412. <https://doi.org/10.3390/insects14050412>
- Martinez, D. A., Gathorne-Hardy, A., & Smith, B. M. (2024). Impacts of polycultural cropping on crop yields and biodiversity: A systematic map protocol. *Ecological Solutions and Evidence*, 5(3), e12349. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12349>
- McGavin, G. C. (2002). *Insects: The Most Accessible Recognition Guide*. Dorling Kindersley.
- McLean-Rodríguez, F. D., Costich, D. E., Camacho-Villa, T. C., Pè, M. E., & Dell'Acqua, M. (2021). Genetic diversity and selection signatures in maize landraces compared across 50 years of *in situ* and *ex situ* conservation. *Heredity*, 126, 913-928. <https://doi.org/10.1038/s41437-021-00423-y>
- Méndez Flota, D. L., Ruíz Sánchez, E., González Moreno, A., Latournerie Moreno, L., Suárez Jiménez, D., & Flota Bañuelos, C. (2024). Insectos parasitoides asociados al agroecosistema de maíz criollo en Yucatán. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 28(Supl. 1), 14-15. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.24.28.15>
- Mijangos-Cortés, J. O., Fernández-Barrera, M. Á., Simá-Gómez, J. L., & Latournerie-Moreno, L. (2023). *Prácticas agrícolas en la milpa maya de Yucatán*. Centro de Investigación Científica de Yucatán.
- Nájera-Rincón, M. B., & Souza, B. (2010). *Insectos benéficos: Guía para su identificación*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; Universidade Federal de Lavras.
- Nigh, R., & Diemont, S. A. W. (2013). The Maya milpa: fire and the legacy of living soil. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 11(s1), e45-e54. <https://doi.org/10.1890/120344>
- Neupane, S., Sasaki, C., & Nayduch, D. (2021). House fly larval grazing alters dairy cattle manure microbial communities. *BMC Microbiology*, 21, 346. <https://doi.org/10.1186/s12866-021-02418-5>
- Öckinger, E., Bergman, K.-O., Franzén, M., Kadlec, T., Krauss, J., Kuussaari, M., Pöyry, J., Smith, H. G., Steffan-Dewenter, I., & Bommarco, R. (2012). The landscape matrix modifies the effect of habitat fragmentation in grassland butterflies. *Landscape Ecology*, 27, 121-131. <https://doi.org/10.1007/s10980-011-9686-z>
- Ohlert, T. J., Hallmark, A., Rudgers, J. A., Peters, D. P. C., & Collins, S. L. (2025). The role of dominant species in community organization and aboveground production in semiarid grasslands. *Ecology*, 106(8), 1-10. <https://doi.org/10.1002/ecy.70164>
- Orozco-Péón, O., González-Moreno, A., Ruíz-Sánchez, E., & Tun-Suárez, J. M. (2019). Comunidades y gremios de parasitoides (Hymenoptera: Ichneumonidae) en cultivo de maíz y selva baja caducifolia circundante. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(17), 195-207. <https://doi.org/10.19136/era.a6n17.1977>
- Ortiz-Timoteo, J., Sánchez-Sánchez, O. M., & Ramos-Prado, J. M. (2014). Actividades productivas y manejo de la milpa en tres comunidades campesinas del municipio de Jesús Carranza, Veracruz, México. *Polibotánica*, (38), 173-191.
- Paiva, I. G., Auad, A. M., Veríssimo, B. A., & Silveira, L. C. P. (2020). Differences in the insect fauna associated to a monocultural pasture and a silvopasture in southeastern Brazil. *Scientific Reports*, 10, 12112. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68973-5>
- Perfecto, I. (1991). Ants (Hymenoptera: Formicidae) as natural control agents of pests in irrigated maize in Nicaragua. *Journal of Economic Entomology*, 84(1), 65-70. <https://doi.org/10.1093/jee/84.1.65>
- Pierre, J. F., Latournerie-Moreno, L., Garruña, R., Jacobsen, K. L., Laboski, C. A. M., Us-Santamaría, R., & Ruíz-Sánchez, E. (2022). Effect of maize-legume intercropping on maize physio-agronomic parameters and beneficial insect abundance. *Sustainability*, 14(19), 12385. <https://doi.org/10.3390/su141912385>
- Priyadarshana, T. S., Lee, M.-B., Ascher, J. S., Qiu, L., & Goodale, E. (2021). Crop heterogeneity is positively associated with beneficial insect diversity in subtropical farmlands. *Journal of Applied Ecology*, 58(12), 2747-2759. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14005>
- Prokop, P., Fančovičová, J., & Hlúšková, Z. (2022). Seed dispersal by ants in three early-flowering plants. *Insects*, 13(4), 386. <https://doi.org/10.3390/insects13040386>
- R Core Team. (2025). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rakes, L. M., Delamont, M., Cole, C., Yates, J. A., Blevins, L. J., Hassan, F. N., Bergland, A. O., & Erickson, P. A. (2023). A small survey of introduced *Zaprionus indianus* (Diptera: Drosophilidae) in orchards of the eastern

- United States. *Journal of Insect Science*, 23(5), 21. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iead092>
- Rodríguez-de León, I., Venegas-Barrera, C. S., Vásquez-Bolaños, M., & Horta-Vega, J. V. (2019). Estructura de la comunidad de Formicidae (Hymenoptera) en dos agroecosistemas con diferente grado de perturbación. *Agrociencia*, 53, 285-301.
- Singh, S., Hwang, S., Arnold, J. G., & Bhattarai, R. (2023). Evaluation of agricultural BMPs' impact on water quality and crop production using SWAT+ model. *Agriculture*, 13(8), 1484. <https://doi.org/10.3390/agriculture13081484>
- Swoboda-Bhattarai, K. A., & Burrack, H. J. (2020). Diurnal and seasonal activity patterns of drosophilid species (Diptera: Drosophilidae) present in blackberry agro-ecosystems with a focus on spotted-wing drosophila. *Environmental Entomology*, 49(2), 277-287. <https://doi.org/10.1093/ee/nvz161>
- Tait, G., Mermer, S., Stockton, D., Lee, J., Avosani, S., Abrieux, A., Anfora, G., Beers, E., Biondi, A., Burrack, H., Cha, D., Chiu, J. C., Choi, M.-Y., Cloonan, K., Crava, C. M., Daane, K. M., Dalton, D. T., Diepenbrock, L., Fanning, P., Ganjisaffar, F., Gómez, M. I., Gut, L., Grassi, A., Hamby, K., Hoelmer, K. A., Ioriatti, C., Isaacs, R., Klick, J., Kraft, L., Loeb, G., Rossi-Stacconi, M. V., Nieri, R., Pfab, F., Puppato, F., Rendon, D., Renkema, J., Rodríguez-Saona, C., Rogers, M., Sassù, F., Schöneberg, T., Scott, M. J., Seagraves, M., Sial, A., Van Timmeren, S., Wallungford, A., Wang, X., Yeh, D. A., Zalom, F. G., & Walton, V. M. (2021). *Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae): A decade of research towards a sustainable integrated pest management program. *Journal of Economic Entomology*, 114(5), 1950-1974. <https://doi.org/10.1093/jee/toab158>
- Tarigan, S. I., Kiss, J., György, T., Doan, N. P. Y., & Toepfer, S. (2024). Effects of microbial biostimulants on maize and its pest, the western corn rootworm *Diabrotica virgifera virgifera*. *Agronomy*, 14(10), 2239. <https://doi.org/10.3390/agronomy14102239>
- Torres-Moreno, R., & Moya-Raygoza, G. (2021). Diversity and parasitism by parasitic wasps that attack *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) on year-round and seasonal maize agroecosystems. *Environmental Entomology*, 50(5), 1088-1094. <https://doi.org/10.1093/ee/nvab070>
- Uzcanga-Pérez, N. G., Cano-González, A. de J., & Chanatásig-Vaca, C. I. (2022). Evaluación de sustentabilidad de los sistemas de producción de maíz en la Península de Yucatán. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 9(2), e3180. <https://doi.org/10.19136/era.a9n2.3180>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag.
- Winsor, S. (2022). Beneficial arthropods of the Corn Belt and Great Plains. *Crops and Soils*, 55(2), 56-64. <https://doi.org/10.1002/crso.20178>
- Yang, Y., Zhao, Z., Dong, B., Zhang, R., Jiang, J., Ma, F., Zhang, Y., Zhao, J., Du, D., Qiu, J., & Chong, L. (2024). Effects of different fertilization measures on bacterial community structure in seed production corn fields. *Agronomy*, 14(11), 2459. <https://doi.org/10.3390/agronomy14112459>
- Yoshimoto, J., Kakutani, T., & Nishida, T. (2005). Influence of resource abundance on the structure of the insect community attracted to fermented tree sap. *Ecological Research*, 20(4), 405-414. <https://doi.org/10.1007/s11284-005-0054-9>
- Zambrano Mero, J. D., Vega Lucas, N. E., Solís Bowen, A. L., Chirinos Torres, D. T., Perla Gutiérrez, D. R., Delgado Párraga, A. G., & Peñaherrera Villafuerte, S. L. (2024). Prospección de los coccinélidos asociados al cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Siembra*, 11(1), e6021. <https://doi.org/10.29166/siembra.v11i1.6021>
- Zelaya-Molina, L. X., Chávez-Díaz, I. F., de los Santos-Villalobos, S., Cruz-Cárdenas, C. I., Ruíz-Ramírez, S., & Rojas-Anaya, E. (2022). Control biológico de plagas en la agricultura mexicana. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(Pub. Esp. 27), 69-79. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i27.3251>
- Zhang, C., Xue, W., Xue, J., Zhang, J., Qiu, L., Chen, X., Hu, F., Kardol, P., & Liu, M. (2022). Leveraging functional traits of cover crops to coordinate crop productivity and soil health. *Journal of Applied Ecology*, 59(10), 2627-2641. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14264>
- Zina, V., Fonseca, A., Duarte, G., Conde, S., Fernandes, M. R., Ferreira, M. T., & Franco, J. C. (2022). Ant diversity is enhanced by ecological infrastructures in agroecosystems: A case study in irrigated Mediterranean farmland. *Agronomy*, 12(11), 2690. <https://doi.org/10.3390/agronomy12112690>

MATERIAL SUPLEMENTARIO

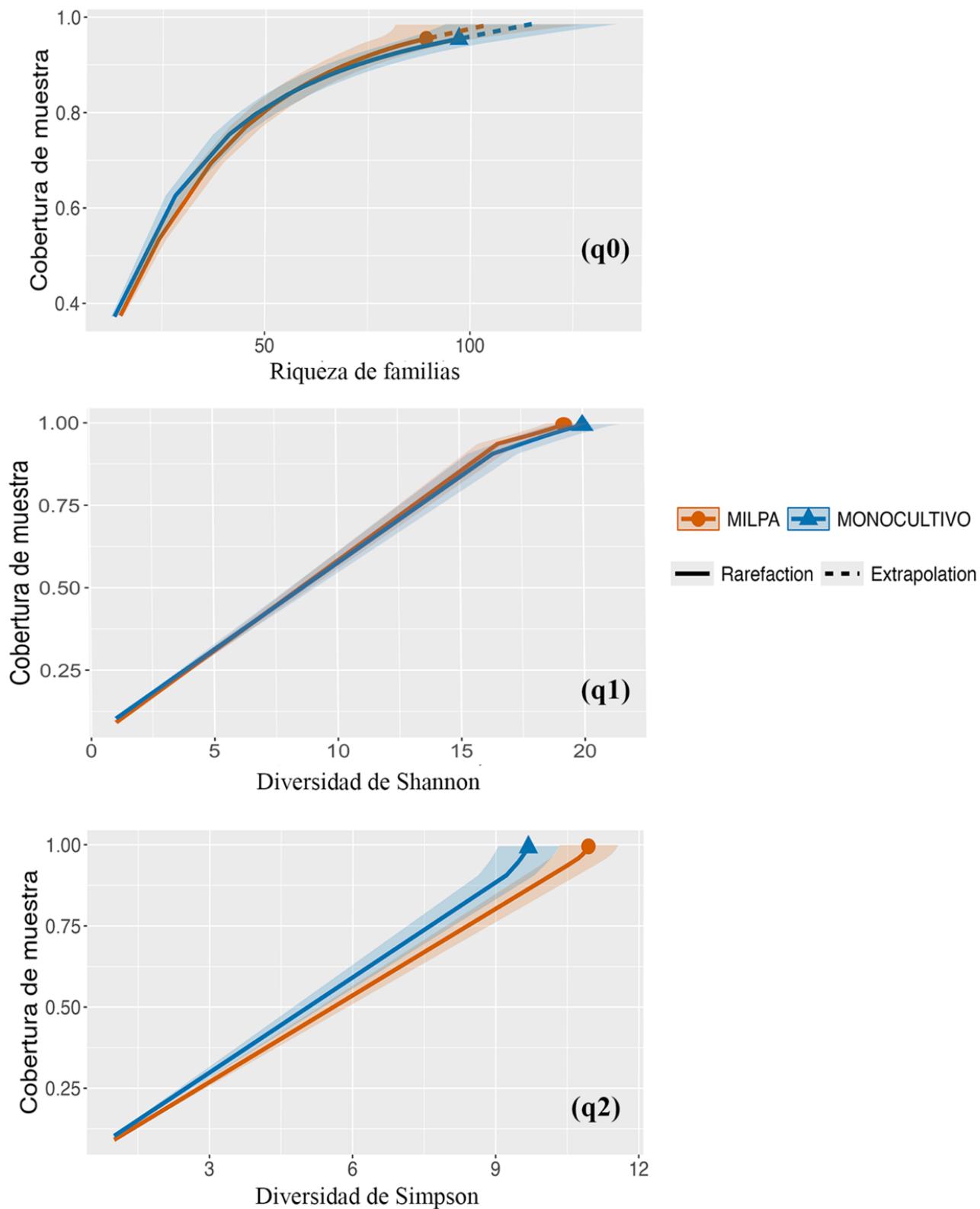


Figura S1. Curvas de cobertura de muestra. Las líneas continuas representan la rarefacción y las líneas punteadas la extrapolación. El área sombreada indica los intervalos de confianza del 95% para cada sistema.

Cuadro S1. Número de individuos de las familias de insectos recolectados en las unidades de producción de maíz en Yucatán, México.

Orden	Familia	Milpa 1	Milpa 2	Milpa 3	Milpa 4	Monocultivo 1	Monocultivo 2	Monocultivo 3	Total general
Hymenoptera	Apidae	28	46	22	28	25	26	25	200
	Argidae	2	0	0	0	0	0	0	2
	Bethylidae	0	0	0	0	0	1	2	3
	Braconidae	12	8	10	17	13	11	14	85
	Chalcididae	4	1	2	5	2	1	5	20
	Colletidae	0	0	0	0	1	0	7	8
	Crabronidae	2	3	1	3	1	1	3	14
	Cynipidae	1	0	0	0	1	0	0	2
	Diapriidae	1	0	1	1	0	0	0	3
	Encyrtidae	0	0	0	1	0	0	0	1
	Eucharitidae	2	2	2	1	0	0	0	7
	Eulophidae	2	0	0	0	0	0	0	2
	Eupelmidae	0	0	0	1	0	0	0	1
	Eurytomidae	0	0	0	0	2	0	0	2
	Evaniidae	0	0	1	0	1	0	0	2
	Figitidae	0	0	0	0	2	0	1	3
	Formicidae	129	193	199	101	212	209	213	1,256
	Halictidae	1	0	0	1	6	1	4	13
	Ichneumonidae	2	2	1	1	0	1	4	11
	Megachilidae	0	1	0	0	0	0	2	3
	Perilampidae	0	0	0	2	0	0	0	2
	Platygastridae	2	0	0	0	4	24	0	30
	Pompilidae	1	0	0	0	0	0	0	1
	Pteromalidae	2	0	0	0	1	0	0	3
	Scelionidae	8	4	6	4	2	0	9	33
	Sphecidae	0	2	0	0	0	0	0	2
	Torymidae	0	0	0	0	1	0	0	1
	Vespidae	3	2	2	2	5	9	13	36

Cuadro S1. Número de individuos de las familias de insectos recolectados... (continuación).

Orden	Familia	Milpa 1	Milpa 2	Milpa 3	Milpa 4	Monocultivo 1	Monocultivo 2	Monocultivo 3	Total general
Diptera	Agromyzidae	1	0	0	0	3	0	0	4
	Asilidae	1	3	0	0	8	4	6	22
	Bombyliidae	0	1	0	0	0	0	0	1
	Calliphoridae	4	0	0	0	0	1	0	5
	Chironomidae	0	1	0	0	0	0	0	1
	Chloropidae	268	143	118	100	282	238	78	1,227
	Culicidae	36	10	6	17	22	75	20	186
	Dolichopodidae	1	0	0	0	1	3	4	9
	Drosophilidae	70	146	162	314	7	3	3	705
	Lauxaniidae	0	0	0	0	1	0	0	1
	Lonchopteridae	0	0	0	0	0	0	6	6
	Muscidae	74	36	72	58	32	74	45	391
	Neriidae	0	0	1	0	0	0	0	1
	Phoridae	3	3	22	1	18	8	14	69
	Platystomatidae	6	1	0	0	0	2	0	9
	Rhagionidae	0	0	0	0	0	3	0	3
	Rhinophoridae	0	0	0	0	0	1	1	2
	Sarcophagidae	0	0	0	0	0	3	3	6
	Sepsidae	0	3	1	0	3	1	3	11
	Stratiomyidae	1	1	0	2	7	1	8	20
	Syrphidae	2	1	0	1	10	0	4	18
	Tabanidae	1	2	1	3	6	5	12	30
	Tachinidae	2	0	1	0	1	0	0	4
	Tephritidae	6	0	10	0	0	2	2	20
	Ulididae	29	16	10	10	3	5	9	82
Hemiptera	Acanthosomatidae	1	0	0	0	0	0	1	2
	Alydidae	5	4	6	7	7	6	1	36
	Aphalaridae	0	0	0	0	1	0	0	1
	Aphididae	2	16	78	33	5	8	8	150

Cuadro S1. Número de individuos de las familias de insectos recolectados... (continuación).

Orden	Familia	Milpa 1	Milpa 2	Milpa 3	Milpa 4	Monocultivo 1	Monocultivo 2	Monocultivo 3	Total general
Hemiptera	Aphrophoridae	0	0	0	0	0	2	1	3
	Berytidae	0	3	0	2	0	1	0	6
	Cercopidae	51	13	42	17	11	29	28	191
	Cicadellidae	36	21	38	51	27	28	18	219
	Cimicidae	0	0	2	0	0	0	1	3
	Cixiidae	3	1	2	3	73	38	8	128
	Clastopteridae	0	0	0	0	0	2	1	3
	Coreidae	2	3	6	8	1	1	5	26
	Cydnnidae	3	0	0	0	0	0	0	3
	Largidae	0	0	0	0	0	0	1	1
	Lygaeidae	28	57	8	34	19	8	9	163
	Membracidae	1	1	7	7	2	0	1	19
	Miridae	59	28	5	6	11	32	51	192
	Pentatomidae	7	5	5	7	1	2	7	34
	Pyrrhocoridae	3	1	5	0	0	0	0	9
	Reduviidae	1	0	2	3	8	3	6	23
	Rhopalidae	2	0	2	1	1	1	2	9
	Rhyparochromidae	4	4	1	0	0	1	3	13
	Tingidae	1	0	0	0	1	1	1	4
	Trioziidae	0	0	0	0	0	1	0	1
Coleoptera	Anthicidae	0	0	0	0	0	1	0	1
	Attelabidae	0	0	2	1	0	0	0	3
	Brentidae	0	0	1	1	0	0	0	2
	Buprestidae	4	4	1	4	6	4	2	25
	Byrrhidae	2	0	0	2	0	0	0	4
	Cantharidae	0	1	0	1	0	0	0	2
	Carabidae	4	0	0	0	0	2	1	7
	Cerambycidae	0	1	0	0	0	0	0	1
	Chrysomelidae	24	13	30	43	63	37	99	309

Cuadro S1. Número de individuos de las familias de insectos recolectados... (continuación).

Orden	Familia	Milpa 1	Milpa 2	Milpa 3	Milpa 4	Monocultivo 1	Monocultivo 2	Monocultivo 3	Total general
Coleoptera	Coccinellidae	1	0	0	2	5	3	4	15
	Curculionidae	46	26	47	64	16	20	9	228
	Lampyridae	0	0	0	0	2	0	0	2
	Lucanidae	0	0	0	0	0	1	0	1
	Lycidae	0	0	0	0	0	1	2	3
	Melandryidae	1	0	1	0	0	0	0	2
	Melyridae	7	3	3	2	2	0	1	18
	Nitidulidae	1	1	0	1	21	4	4	32
	Passalidae	0	1	1	0	0	0	0	2
	Scarabaeidae	1	1	0	3	0	0	0	5
	Staphylinidae	1	1	0	0	1	2	7	12
Lepidoptera	Erebidae	1	0	0	0	0	0	0	1
	Crambidae	0	0	2	0	0	0	0	2
	Geometridae	1	1	0	31	8	0	0	41
	Hesperiidae	2	0	0	0	0	0	0	2
	Noctuidae	67	19	30	27	20	26	54	243
	Nymphalidae	1	0	3	1	3	1	3	12
	Pieridae	1	1	0	0	0	1	1	4
	Plutellidae	2	0	0	0	0	0	0	2
	Pyralidae	0	0	0	0	4	0	0	4
	Scythrididae	1	0	0	0	0	0	0	1
Orthoptera	Tineidae	0	2	5	2	0	3	0	12
	Acrididae	19	6	23	14	17	36	42	157
Neuroptera	Tettigoniidae	0	2	0	0	1	0	2	5
	Ascalaphidae	0	0	0	1	0	0	0	1
Psocodea	Chrysopidae	0	0	0	0	0	6	7	13
	Ectopsocidae	2	1	1	0	0	0	0	4
Blattodea	Stenopsocidae	0	0	0	0	0	0	1	1
	Ectobiidae	0	0	0	2	0	0	0	2
	Termitidae	0	0	1	0	0	0	1	2

Cuadro S1. Número de individuos de las familias de insectos recolectados... (continuación).

Orden	Familia	Milpa 1	Milpa 2	Milpa 3	Milpa 4	Monocultivo 1	Monocultivo 2	Monocultivo 3	Total general
Thysanoptera	Thripidae	0	8	0	0	0	1	0	9
Odonata	Libellulidae	0	0	0	0	1	0	0	1
Megaloptera	Sialidae	0	0	0	0	1	0	0	1