




Fauna edáfica e insectos asociados a las arvenses en limón persa, monocultivo y policultivo

Edaphic fauna and insects associated to weeds in persian lemon, monoculture and intercropping

Félix D. Murillo-Cuevas¹ ,
Jacel Adame-García^{1*} ,
Héctor Cabrera-Mireles² ,
Jazmín Villegas-Narváez¹ ,
Adriana Elena Rivera-Meza¹ 

¹Tecnológico Nacional de México/Campus Úrsulo Galván, km 4.5 Carr. Cardel-Chachalacas, CP. 91667. Úrsulo Galván, Veracruz, México.

²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CIRGOC, Campo Experimental Cotaxtla, km 34.5 Carr. Veracruz-Córdoba, CP. 94992. Medellín de Bravo, Veracruz, México.

*Autor de correspondencia:
dra.adame.garcia@gmail.com

Artículo científico

Recibido: 03 de marzo de 2020

Aceptado: 30 de junio de 2020

Como citar: Murillo-Cuevas FD, Adame-García J, Cabrera-Mireles H, Villegas-Narváez J, Rivera-Meza AE (2020) Fauna edáfica e insectos asociados a las arvenses en limón persa, monocultivo y policultivo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 7(2): e2508. DOI: 10.19136/era.a7n2.2508

RESUMEN. El estado de Veracruz, México, cuenta con un potencial productivo bajo el sistema de monocultivos, pero se tienen problemas ambientales y de plagas agrícolas. Ante esta situación, se están buscando alternativas para desarrollar agroecosistemas sostenibles, como las parcelas diversificadas o cultivos intercalados. Por lo anterior, el objetivo del trabajo fue comparar la abundancia, riqueza, diversidad y equidad de fauna edáfica e insectos asociados a las arvenses en el cultivo de limón persa en monocultivo y policultivo en la región centro costera del estado de Veracruz, México. Se evaluaron parcelas en monocultivo (solo limón persa) y parcelas en policultivo (limón persa, plátano y cacao). Se ubicaron tres parcelas: 1 = monocultivo a distancia de 250 m de la parcela en policultivo, 2 = monocultivo a distancia de 100 m de la parcela en policultivo y 3 = parcela en policultivo. Se calcularon los índices ecológicos de abundancia, riqueza, diversidad, equidad y similaridad de organismos en cada una de las parcelas. Para la fauna edáfica, la parcela en policultivo tuvo la mayor diversidad y equidad y fue significativamente diferente a las parcelas en monocultivo, las parcelas en monocultivo fueron más similares entre sí que con la parcela en policultivo. Para insectos asociados a las arvenses, la parcela en policultivo tuvo mayor diversidad y equidad, además de que fue significativamente diferente a la parcela en monocultivo más alejada, pero no a la más cercana, la parcela en policultivo compartió la mayor similaridad de insectos con la parcela en monocultivo más cercana a este.

Palabras clave: Agroecosistemas, sistemas de producción, biodiversidad, fauna benéfica, fitófagos.

ABSTRACT. The state of Veracruz, Mexico, has a productive potential under the monoculture system, but there are environmental problems and agricultural pests. Faced with this situation, alternatives are being sought to develop more sustainable agroecosystems, such as diversified plots or intercropping. Therefore, the objective of the work was to compare the abundance, richness, diversity and equity of edaphic fauna and insects associated with arvences in the cultivation of persian lemon in monoculture and in polyculture in the central coastal region of Veracruz, Mexico. Monoculture plots (persian lemon only) and polyculture plots (persian lemon, banana and cocoa) were evaluated. Three plots were located: 1 = monoculture at a distance of 250 m from the plot in polyculture, 2 = monoculture at a distance of 100 m from the plot in polyculture and 3 = plot in polyculture. Ecological indices of abundance, richness, diversity, equity, and similarity of organisms in each of the plots were calculated. For the edaphic fauna, the polyculture plot had the highest diversity and equity and was significantly different from the monoculture plots; the monoculture plots were more similar to each other than with the polyculture plot. For insects associated with arvences, the polyculture plot had greater diversity and equity, in addition to being significantly different from the most remote monoculture plot, but not to the closest one, the polyculture plot shared the greatest similarity of insects with the monoculture plot closest to this.

Key words: Agroecosystems, production systems, biodiversity, beneficial fauna, phytophagous.

INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna, desarrollada para aumentar la productividad y satisfacer las demandas de alimento, fibra y energéticos, ha llevado a la simplificación excesiva de la biodiversidad en los sistemas agrícolas (Maldonado *et al.* 2008, Cabrera-Mireles *et al.* 2019a, 2019b), aumentando la dependencia de insumos sintéticos y disminuyendo el uso de interacciones bióticas benéficas (Stechauner y Madriñán 2013, Desiree *et al.* 2014). La creciente fragmentación natural del hábitat, debido a cambios en el uso de suelo y los altos niveles de insumos agroquímicos en los cultivos, ha causado una rápida disminución de la biodiversidad en los sistemas agrícolas (Cabrera-Mireles *et al.* 2011, Villegas y Mora 2011), amenazando potencialmente los servicios ambientales como la fertilización y control biológico de plagas (Maldonado *et al.* 2008, Lozano y Jasson 2012, Cambero-Nava *et al.* 2018).

El estado de Veracruz, México, cuenta con potencial productivo y diverso en su territorio, con una superficie agrícola de 1 509 352.81 hectáreas de las cuales 1 376 404.02 se cultivan en la modalidad de temporal y 132 948.79 en riego, donde se establecen alrededor de 100 cultivos (SIAP 2018). El estado se encuentra dentro los primeros lugares a nivel nacional en la producción de cítricos, plátano, café, caña de azúcar, vainilla, mango Manila, entre otros, bajo el sistema de monocultivo, generalmente. Estos sistemas de producción con enfoque de monocultivos intensivos, han provocado la explotación irracional de los recursos naturales y el empobrecimiento de los pequeños productores (Villegas y Mora 2011, Robles 2011, Cruz *et al.* 2016). Ya que este tipo de sistema trae graves problemas de comercialización y baja rentabilidad, por la sobreproducción de un solo producto (Cruz *et al.* 2016, Granados-Ramírez y Hernández-Hernández 2018); así como, problemas ambientales y de plagas agrícolas (Altieri y Nicholls 2004, Altieri *et al.* 2007, Villegas y Mora 2011). Ante esta situación, los productores han tenido que desarrollar algunos de los cultivos intercalándolos con otros (Álvarez y Cruz 2010, García *et al.* 2010, Rebolledo-Martínez *et al.* 2019) bus-

cando alternativas para desarrollar agroecosistemas más sostenibles (Padilla-Vega *et al.* 2015, Cruz *et al.* 2016).

La fauna edáfica e insectos asociados a las arvenses se han utilizado como bioindicadores de la perturbación por sistemas agrícolas en cultivos como mango, caña de azúcar y pasto, reportándose mayor diversidad de organismos en los sistemas menos perturbados (Cabrera-Mireles *et al.* 2011, Franco *et al.* 2016, Murillo-Cuevas *et al.* 2019). También se ha documentado el efecto de los policultivos en relación a la fauna de insectos (Gallego 2005, García *et al.* 2010, Álvarez y Cruz 2010). Pero se conoce poco sobre la biodiversidad de artrópodos y el efecto del tipo de manejo del cultivo del limón. Por tal motivo, el objetivo este estudio fue comparar la abundancia, riqueza, diversidad y equidad de fauna edáfica e insectos asociados a las arvenses en el cultivo de limón persa en monocultivo y policultivo en la región centro costera de Veracruz, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

En la región de estudio se tienen dos épocas predominantes, secas y lluvias, las cuales tienen un efecto determinante en la abundancia, riqueza y diversidad de organismos, los meses de seca (abril-junio) los afectan de forma drástica, haciendo que sus parámetros ecológicos no sean significativos para su estudio, mientras que los meses de lluvia (agosto-octubre) los favorecen (Murillo-Cuevas *et al.* 2019), de tal forma que para este trabajo, y con base en muestreos realizados en meses de seca, se consideraron únicamente los muestreos de los meses de agosto, septiembre y octubre del 2018.

El trabajo se realizó en el área productiva de limón persa del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván, ubicado en las coordenadas 19° 24' 43.13" LN y 96° 21' 32.45" LO, en el Municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, México, en la región centro costera del estado de Veracruz (Figura 1). Dentro de esta área se ubicaron tres parcelas de estudio de 0.5 ha, las cuales fueron: Parcela 1 = limón persa (*Citrus latifolia*) con cinco años de monocultivo, ubicada

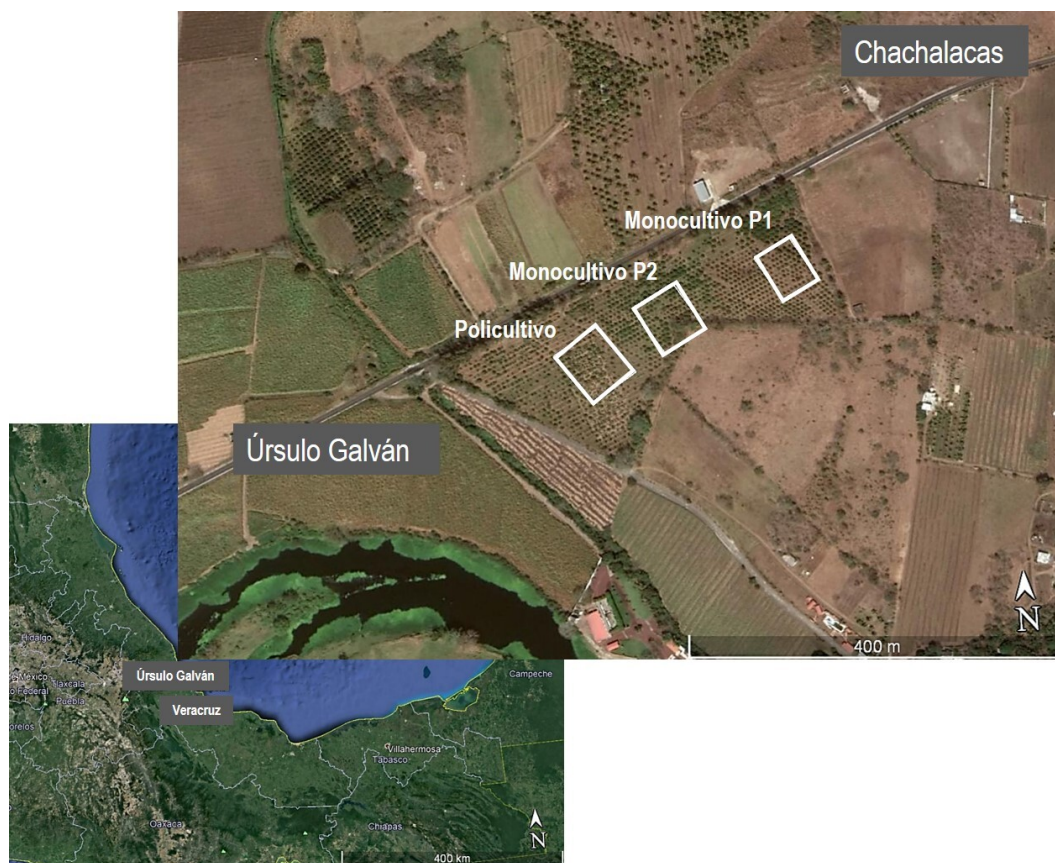


Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio y parcelas de muestreo en el municipio de Úrsulo Galván, Veracruz, México.

a una distancia de 250 m del policultivo con elevación de 25 m, Parcela 2 = limón persa (*C. latifolia*) con cinco años de monocultivo, ubicada a 100 m del policultivo con elevación de 15 m y Parcela 3 = limón persa con tres años como policultivo, con cacao (*Theobroma cacao*), plátano (*Musa sp.*) y limón, así como algunos árboles de toronja (*Citrus paradisi*) y con elevación de 12 m (Figura 1).

Diseño experimental

Dentro de cada parcela de limón Persa se establecieron dos polígonos de 100 m² con dos puntos de muestreo al azar para la extracción de organismos de suelo y para el muestreo de insectos voladores en las arvenses cercanas a cada árbol se seleccionaron al azar, tres arboles de limón Persa. Se realizó un muestreo por mes durante tres meses (agosto, septiembre y octubre), con cuatro repeticiones para fauna

de suelo y seis para insectos asociados a las arvenses.

Muestreo de fauna edáfica

El muestreo de la fauna edáfica sólo se realizó en el suelo y no en la hojarasca, ya que la presencia de hojarasca no era homogénea entre y dentro de las parcelas. Se utilizó un cuadrante de 25 x 25 cm para tomar una muestra de suelo a profundidad de 0 a 15 cm, donde se extrajo el suelo y se colocó en bolsas de plástico etiquetadas con los datos de la muestra.

Muestreo de insectos asociados a las arvenses

Para el muestreo de insectos asociados a las arvenses se utilizó la técnica de golpeo por 3 minutos con una red entomológica de radio de 40 cm y envergadura de 90 cm. Los organismos recolectados con la red entomológica se colocaron en bolsas de

plástico etiquetadas con los datos del muestreo. Se estimó la abundancia de las arvenses en porcentaje con un cuadrante de 1 x 1 m, que se lanzó cuatro ocasiones por parcela y de acuerdo al área ocupada por la especie de arvense fue el valor establecido en porcentaje.

Procesamiento de muestras

Las muestras se procesaron en el Laboratorio de Entomología del Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. La extracción de los organismos del suelo se realizó de forma manual y directa utilizando charolas de plástico, pinzas entomológicas, pinceles, lupas y lentes de aumento. La extracción de los insectos asociados a las arvenses, se realizó con la ayuda de alcohol al 70% aplicado a presión con una piseta y con la ayuda de pinzas y agujas entomológicas. Todos los organismos se separaron y limpiaron en cajas de Petri con alcohol al 70% para almacenarlos en frascos de cristal con alcohol. La separación, conteo e identificación de los insectos se realizó bajo un estereoscopio con las claves de Triplehorn y Johnson (2005), se identificaron a nivel de órdenes, subclases, clases y familias taxonómicas.

Análisis de datos

Se registró la abundancia con el número de organismos por morfoespecie y la riqueza con el número de morfoespecies, se calculó la diversidad de organismos con el índice de Shannon-Wiener y la equidad con el índice de Pielou (J'), con el programa EstimateS versión 8.2.0. También se realizó una comparación por gremios de organismos y un análisis no paramétrico con la prueba de Kruskal-Wallis para comprobar diferencias significativas entre las parcelas de acuerdo a la abundancia, riqueza, diversidad y equidad de los organismos, estos análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS Statistics 20. Las $\bar{x} \pm E.E.$ de los parámetros ecológicos en cada una de las parcelas se graficaron y para determinar el grado de similitud entre dos ambientes tomando en cuenta las especies que comparten se realizó un análisis de similitud de Jaccard.

RESULTADOS

Fauna edáfica asociada a limón Persa como monocultivo y policultivo

Se identificaron 19 morfoespecies de fauna edáfica, los cuales correspondieron al Phylum Arthropoda (insectos, ácaros, arañas, ciempiés, milpiés y cochinillas) y Annelida (lombriz de tierra). Los taxones más abundantes fueron Formicidae (hormigas), Isoptera (termitas), Diplopoda (milpiés), Oligochaeta (lombrices de tierra), Oniscidea (cochinillas de tierra) y Carabidae (escarabajos). Se colectaron 2 697 organismos, de los cuales 1 591 fueron polívoros, representados principalmente por hormigas, 569 fitófagos, principalmente termitas, 328 detritívoros, constituidos principalmente por milpiés, cochinillas y lombrices de tierra y 209 depredadores, principalmente arañas, escarabajos y ciempiés. La mayor abundancia se registró en los monocultivos, debido a la presencia de las hormigas, mientras que, en el policultivo los grupos de detritívoros y depredadores fueron más abundantes. La mayor riqueza, diversidad y equidad de fauna edáfica se registró en el policultivo (Tabla 1).

En el análisis de Kruskal-Wallis sólo la riqueza ($H = 6.88$, $p = 0.0293$), diversidad ($H = 11.79$, $p = 0.0028$) y equidad ($H = 11.47$, $p = 0.0032$) de fauna edáfica tuvieron diferencias significativas (Figura 2). En cuanto a la riqueza de morfoespecies, el policultivo fue en promedio significativamente mayor (11.0 ± 0.85) al monocultivo ubicado a distancia de 250 m (7.5 ± 0.72), y la parcela en monocultivo a distancia de 100 m del policultivo no registro diferencias significativas (Figura 2b). El policultivo tuvo en promedio la mayor diversidad (2.11 ± 0.1) y equidad (0.88 ± 0.02) de fauna edáfica y fue significativamente diferente a los monocultivos, los cuales no registraron diferencia significativa entre sí (Figura 2c y 2d).

De acuerdo al análisis de similitud de Jaccard, el monocultivo más cercano al policultivo fue el que compartió el mayor número de morfoespecies de fauna edáfica, a diferencia del monocultivo más alejado. Por otro lado, los monocultivos fueron más similares entre sí que con el policultivo (Tabla 2).

Tabla 1. Diversidad y abundancia de fauna edáfica en limón persa.

Morfoespecies	Nivel taxonómico	Hábitos alimenticios	Parcela 1 Monocultivo	Parcela 2 Monocultivo	Parcela 3 Policultivo
Acari	Subclase	Detritívoros	2	3	18
Araneae	Orden	Depredador	13	23	38
Blattidae	Familia	Polífagos	3	4	14
Carabidae	Familia	Depredador	19	25	34
Chilopoda	Clase	Depredador	1	4	24
Cryptophagidae	Familia	Polífagos	2	2	24
Diplopoda	Clase	Detritívoros	23	29	52
Elateridae	Familia	Polífagos	2	4	17
Formicidae	Familia	Polífagos	619	686	211
Gelastocoridae	Familia	Depredador	0	1	6
Gryllidae	Familia	Fitófagos	0	1	10
Reduviidae	Familia	Depredador	0	0	12
Oniscidea	Suborden	Detritívoros	10	20	63
Isoptera	Orden	Fitófago	179	181	198
Oligochaeta	Subclase	Detritívoros	14	23	56
Psocoptera	Orden	Polífagos	0	0	3
Scarabaeidae	Familia	Detritívoros	0	0	15
Syrphidae	Familia	Depredador	0	0	3
Staphylinidae	Familia	Depredador	0	2	4
Abundancia			887	1008	802
Riqueza			12	15	19
Diversidad (H')			1.00	1.14	2.28
Equidad (J')			0.40	0.42	0.78

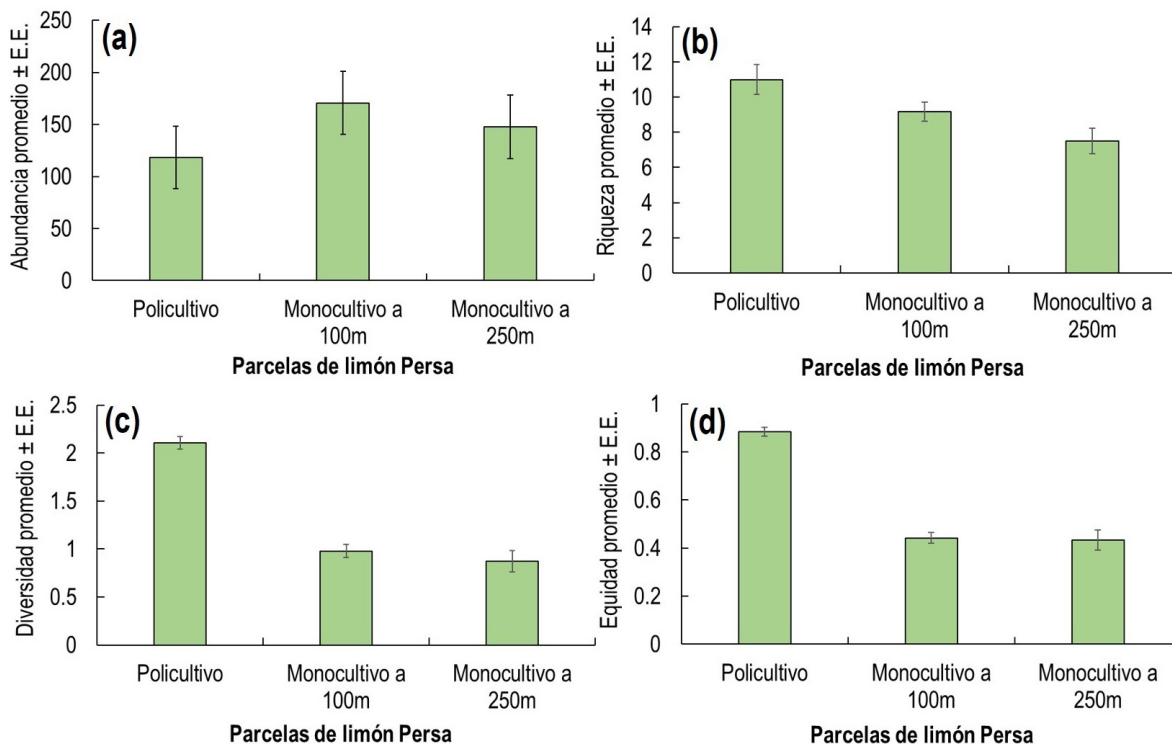


Figura 2. Parámetros ecológicos de la fauna edáfica en las parcelas de limón Persa, (a) Abundancia promedio de organismos (organismos), (b) Riqueza promedio de morfoespecies (morfoespecies), (c) Diversidad promedio de organismos (índice de Shannon-Wiener H') y (d) Equidad de organismos (índice de Pielou J').

Tabla 2. Análisis de similitud de Jaccard, aplicado a la fauna edáfica e insectos voladores asociados a las arvenses en limón persa.

Parcelas	Fauna edáfica		Insectos voladores	
	Monocultivo 100 m	Monocultivo 250 m	Monocultivo 100 m	Monocultivo 250 m
Policultivo	0.79	0.63	0.46	0.31
Monocultivo 100 m		0.89		0.36

Insectos asociados a las arvenses en limón Persa como monocultivo y policultivo

Los insectos se colectaron en tres especies de arvenses, *Cynodon nlemfuensis* con 75% de abundancia, *Bidens pilosa* con 15% y *Digitaria insularis* con 10%, llamadas comúnmente Zacate estrella, Mozote y Zacate mango, respectivamente. De acuerdo al análisis de similitud de Jaccard, el policultivo compartió mayor número de morfoespecies de insectos con el monocultivo más cercano (100 m) y menor número con el monocultivo más alejado (250 m) (Tabla 2). Se identificaron 57 morfoespecies de insectos asociados a las arvenses dentro de las parcelas de limón Persa, los cuales correspondieron a los órdenes Coleoptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Neuroptera, Odonata, Orthoptera y Diptera (Tabla 3). Los taxones más abundantes fueron fitófagos, principalmente en los monocultivos, a diferencia del policultivo en el cual abundaron los taxones entomófagos. Se colectaron 652 insectos, de los cuales 170 fueron en el policultivo, 205 en el monocultivo a una distancia de 100 m del policultivo y 277 en el monocultivo a una distancia de 250 m del policultivo. La mayor riqueza de morfoespecies se registró en el monocultivo más cercano al policultivo. La diversidad y equidad de insectos fue mayor en el policultivo, seguido de la parcela en monocultivo más cercana al policultivo y por último el monocultivo más alejado del policultivo (Tabla 3).

De los parámetros ecológicos utilizados sólo la diversidad ($H = 10.01$, $p = 0.0067$) y equidad ($H = 14.68$, $p = 0.0006$) de insectos asociados a las arvenses registraron diferencias significativas (Figura 3). El policultivo tuvo en promedio mayor diversidad de insectos asociados a las arvenses (2.31 ± 0.17) y fue significativamente diferente al monocultivo más alejado (1.6 ± 0.12), pero no al monocultivo más cercano (Figura 3c). La equidad de insectos asociados

a las arvenses fue mayor en el policultivo (0.97 ± 0.04) y en el monocultivo más cercano al policultivo (0.93 ± 0.02), las cuales fueron significativamente diferentes al monocultivo más alejado del policultivo (0.77 ± 0.03) (Figura 3d).

DISCUSIÓN

Fauna edáfica en limón Persa como monocultivo y policultivo

Los monocultivos afectaron de forma significativa la diversidad y equidad de la fauna edáfica, mientras que el policultivo la favoreció, condición que puede deberse a la cobertura vegetal, heterogeneidad vertical y riqueza de especies vegetales (Franco *et al.* 2016, Murillo-Cuevas *et al.* 2019), las cuales aumentan en el policultivo y disminuyen en el monocultivo (Herrera *et al.* 2005, Rivera y Armbrecht 2005, Wimp *et al.* 2010). Incluso, la densidad del cultivo es mayor en una parcela en monocultivo que en policultivo, lo cual confirma los efectos de la intensificación del cultivo, es decir, genera agroecosistemas simplificados, menos diversos e inestables (Armbrecht y Perfecto 2003, Mas y Dietsch 2003, Gallego 2005).

Algunos organismos como las hormigas y las termitas son ejemplos de taxones con características semejantes de tolerancia a condiciones de perturbación, lo que permite que estos organismos sean abundantes y diversos en diferentes gradientes de intensidad de manejo y uso de suelo (Herrera *et al.* 2005, Morales-Vásquez *et al.* 2014, Cabrera *et al.* 2019a), lo cual se corrobora en los resultados al ser las hormigas y termitas los grupos más abundantes en los dos tipos de parcelas, policultivo y monocultivo, independientemente de la tecnificación o perturbación. Sin embargo, organismos como lombrices y cochinillas de tierra, ácaros del suelo, milpiés

Tabla 3. Diversidad, abundancia y hábitos alimenticios por grupos de insectos asociados a las arvenses en las parcelas de limón persa.

Orden	Familias	Hábito alimenticio	Parcela 1 Monocultivo	Parcela 2 Monocultivo	Parcela 3 Policultivo	
Coleoptera	Alleculidae	Néctar y polen	5	1	1	
	Ptilodactylidae	Fitófagos	18	1	0	
	Curculionidae	Fitófagos	0	2	0	
	Chrysomelidae	Fitófagos	9	15	2	
	Cerambycidae	Fitófagos	0	1	1	
	Buprestidae	Fitófagos	5	0	0	
	Coccinellidae	Entomófagos	3	6	4	
	Staphylinidae	Polífagos	3	4	7	
	Mordellidae	Polífagos	1	1	1	
	Lathridiidae	Polífagos	2	0	0	
	Lampyridae	Polífagos	1	0	0	
	Erotylidae	Polífagos	0	1	1	
	Stratiomyidae	Entomófagos	5	7	5	
	Dolichopodidae	Entomófagos	2	5	7	
	Chamaemyiidae	Entomófagos	6	6	9	
	Otitidae	Fitófagos	3	3	0	
	Diptera	Dixidae	Fitófagos	1	3	1
Culicidae		Fitófagos	0	3	4	
Lonchaeidae		Polífagos	1	1	0	
Saldidae		Entomófagos	0	5	3	
Reduviidae		Entomófagos	3	4	6	
Mesoveliidae		Entomófagos	2	0	7	
Hebridae		Entomófagos	2	4	4	
Berytidae		Entomófagos	8	7	12	
Anthocoridae		Entomófagos	0	0	7	
Scutelleridae		Fitófagos	1	1	1	
Pentatomidae		Fitófagos	0	2	1	
Psyllidae		Fitófagos	13	7	3	
Miridae		Fitófagos	2	0	0	
Hemiptera		Membracidae	Fitófagos	8	3	1
		Lygaeidae	Fitófagos	3	2	5
		Issidae	Fitófagos	1	0	0
		Dictyopharidae	Fitófagos	1	0	2
	Delphacidae	Fitófagos	0	2	1	
	Cixiidae	Fitófagos	28	11	6	
	Cicadellidae	Fitófagos	48	33	5	
	Cercopidae	Fitófagos	4	5	1	
	Acanaloniidae	Fitófagos	0	1	2	
	Aphididae	Fitófagos	19	9	4	
	Alydidae	Fitófagos	8	2	3	
	Encyrtidae	Entomófagos	0	3	4	
	Eulophidae	Entomófagos	3	6	8	
	Evaniidae	Entomófagos	5	2	2	
	Sphecidae	Entomófagos	2	3	2	
	Hymenoptera	Pteromalidae	Entomófagos	2	0	0
		Chalcididae	Entomófagos	0	0	3
Braconidae		Entomófagos	5	3	4	
Halictidae		Néctar y polen	0	0	3	
Apidae		Néctar y polen	3	6	4	
Formicidae		Polífagos	19	6	7	
Lepidoptera	Gelechiidae	Fitófagos	2	4	0	
Neuroptera	Chrysopidae	Entomófagos	13	6	2	
	Gomphidae	Fitófagos	0	1	0	
Odonata	Tridactylidae	Entomófagos	2	1	3	
	Tettigoniidae	Fitófagos	2	1	3	
Orthoptera	Tetrigidae	Fitófagos	3	1	0	
	Acrididae	Fitófagos	0	4	8	
Abundancia		227	205	170		
Riqueza		43	46	44		
Diversidad (H')		3.18	3.42	3.57		
Equidad (J')		0.78	0.84	0.88		

y escarabeidos (detritívoros) son considerados indicadores de un buen estado de salud del suelo, ya que son los principales degradadores de la materia orgánica y abundan en sistemas menos perturbados (Sánchez y Hernández 2011, Murillo-Cuevas *et al.* 2019), los cuales abundaron en el suelo del policultivo, el cual es el menos perturbado y con mayor aporte de materia orgánica debido a la diversidad de plantas. Los resultados indican que la Parcela de limón

Persa como policultivo no tuvo consecuencias para la parcela de limón en monocultivo más cercana, en relación con la diversidad y equidad de fauna edáfica. Lo cual es contrario a lo reportado sobre que los cambios físicos, ecológicos y bioquímicos del agroecosistema tienen numerosas consecuencias en ecosistemas adyacentes e incluso distantes (Herrera *et al.* 2005).

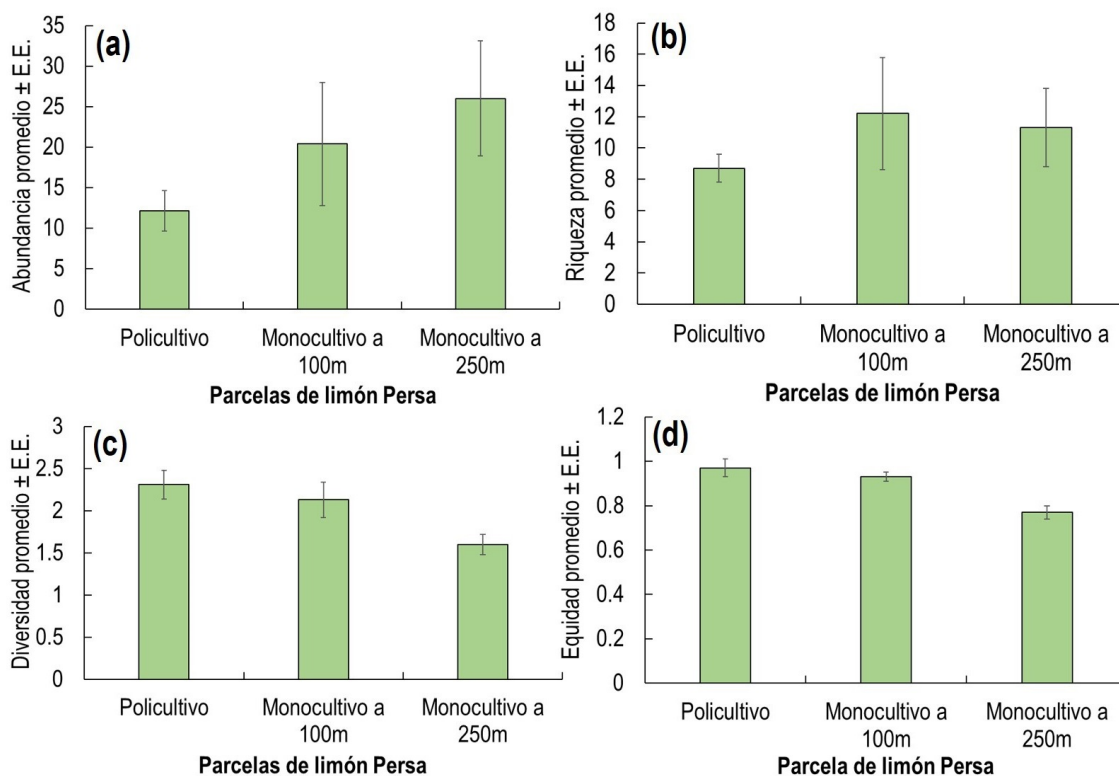


Figura 3. Parámetros ecológicos de insectos asociados a las arvenses en cada una de las parcelas de limón Persa, (a) Abundancia promedio de organismos (organismos), (b) Riqueza promedio de morfoespecies (morfoespecies), (c) Diversidad promedio de organismos (índice de Shannon-Wiener H') y (d) Equidad de organismos (índice de Pielou J').

Insectos asociados a las arvenses en limón Persa como monocultivo y policultivo

Las arvenses asociadas a la parcela de limón Persa en policultivo fueron hábitats importantes de varios grupos de insectos, como se ha reportado para otros cultivos (Cabrera-Mireles *et al.* 2011, Blanco y Leyva 2013, Blanco 2016). La mayor diversidad y equidad de insectos asociados a las arvenses en el policultivo es un indicador de un agroecosistema estable y menos perturbado, como lo indica Cabrera-Mireles *et al.* (2011) en el cultivo de mango manila. La parcela de limón Persa como policultivo favoreció la presencia de insectos entomófagos, muchos de ellos enemigos naturales de plagas del cultivo de limón, por ejemplo, los himenópteros parasitoides de psílidos, pulgones, escamas, minadores de hoja y piojos harinoso, ya que en los policultivos se utilizan menos productos químicos, lo que ayuda a man-

tener la presencia de mayor número de enemigos naturales, lo que reduce las poblaciones de insectos plagas (Jiménez-Martínez *et al.* 2008, García *et al.* 2010). Estos resultados muestran la influencia de los cambios que se dan en un agroecosistema, en este caso en la parcela de limón Persa en policultivo, sobre un ecosistema adyacente de limón Persa en monocultivo a distancia de 100 m, ya que se observó que esta parcela fue similar al policultivo de acuerdo a las morfoespecies que comparten, a diferencia del monocultivo más alejado al policultivo. Así mismo, el monocultivo más cerca al policultivo fue significativamente mayor en diversidad y equidad de insectos en comparación al monocultivo más alejado del policultivo. Esto se explica por un efecto del sitio, ya que los ecosistemas vecinos pueden influenciar los agroecosistemas, principalmente a través de insectos de hábitos voladores, los cuales pueden colonizar otros

habitas que les permitan una sobrevivencia y reproducción adecuada (Hall 2009).

CONCLUSIONES

Las condiciones agroecológicas presentes en los cultivos de limón persa en el área de estudio, modificaron la diversidad y equidad de la fauna edáfica e insectos asociados a las arvenses y por consecuencia la función de estos en los sistemas agrícolas. Los monocultivos tuvieron un impacto negativo sobre la fauna edáfica, independientemente de la cercanía con el policultivo; pero para los insectos asociados a las arvenses, estos fueron impactados de forma negativa por el monocultivo más alejado del policultivo, ya que aparentemente el monocultivo más cercano al policultivo fue influenciado de forma positiva

debido a la cercanía. Se corrobora que a mayor número de componentes biológicos de un sistema, se favorecerán mecanismos de autorregulación, reciclado de nutrientes o servicios ecológicos, que en conjunto constituyen el soporte de la producción en un agrosistema como el de limón Persa.

AGRADECIMIENTOS

Al Tecnológico Nacional de México y al Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván por el apoyo de las áreas de estudio y de trabajo. Al MC. Alfredo Díaz Criollo, por su apoyo técnico en el área de producción de cítricos. Al Biól. Gerardo Espinosa Quiroz y Biól. Magaly Elizabeth Lara Utrera por su ayuda en campo.

LITERATURA CITADA

- Altieri MA, Ponti L, Nicholls CI (2007) El manejo de las plagas a través de la diversificación de las plantas. LEISA Revista agroecológica 22: 9-12.
- Altieri MA, Nicholls CI (2004) Una base agroecológica para el diseño de sistemas diversificados de cultivo en el Trópico. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología 73: 8-20.
- Álvarez HU, Cruz LA (2010) Influencia del policultivo en soya (*Glycine max* (L.) Merrill) sobre la entomofauna. Centro Agrícola 37: 77-79.
- Armbrecht I, Perfecto I (2003) Litter ants diversity and predation potential in two Mexican coffee matrices and forest fragments. Agriculture, Ecosystems and Environment 97: 107-115.
- Blanco VY (2016) El rol de las arvenses como componente en la biodiversidad de los agroecosistemas. Cultivos Tropicales 37: 34-56.
- Blanco VY, Leyva A (2013) Las arvenses y su entomofauna asociada en el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.) posterior al periodo crítico de competencia. Avances en Investigación Agropecuaria 17: 51-65.
- Cabrera-Mireles H, Murillo-Cuevas FD, Villanueva-Jiménez JA, Adame-García J (2019a) Oribátidos, colémbolos y hormigas como indicadores de perturbación del suelo en sistemas de producción agrícola. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 6: 231-241.
- Cabrera-Mireles H, Murillo-Cuevas FD, Adame-García J, Fernández-Viveros JA (2019b) Impacto del uso del suelo sobre la meso y macrofauna edáfica en caña de azúcar y pasto. Tropical and Subtropical Agroecosystems 22: 33-43.
- Cabrera-Mireles H, Murillo-Cuevas FD, Ortega-Zaleta DA, Villanueva-Jiménez JA, Escobar-Domínguez AA (2011) Impact of mango manila management systems on arthropods in foliage and weeds. Tropical and Subtropical Agroecosystems 13: 317-326.

- Cambero-Nava KG, Rodríguez-Palomera M, Cambero-Ayón CB, Cambero-Campos, OJ (2018) Especies de coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) presentes en el cultivo de limón persa (*Citrus latifolia* Tanaka) en Xalisco, Nayarit, México. *Entomología Mexicana* 5: 375-379.
- Cruz AR, Leos RJA, Uribe GM, Rendón MR (2016) Evaluación financiera y socioeconómica del sistema agroforestal tradicional café-plátano-cítricos en Tlapacoyan, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 16: 3287-3299.
- Desiree JI, Pita AV, Floor VDH, Andre PCF (2014) Biodiversity impacts of bioenergy crop production: a state-of-the-art review. *Global Change Biology Bioenergy* 6: 183-209.
- Franco ALC, Bartz MLC, Cherubin MR, Baretta D, Cerri CEP, Feigl BJ, Wall DH, Davies CA, Cerri CC (2016) Loss of soil (macro) fauna due to the expansion of Brazilian sugarcane acreage. *Science of the Total Environment* 563-564: 160-168.
- Gallego RMC (2005) Intensidad de manejo del agroecosistema de café (*Coffea arabica* L.) (monocultivo y policultivo) y riqueza de especies de hormigas generalistas. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 6: 16-29.
- García GMT, Rojas RJA, Castellanos GL, Enjamio JD (2010) Policultivo (maíz-calabaza) en el control de *Spodoptera frugiperda* (Smith) en Fomento, Sancti Spiritus. *Centro Agrícola* 37: 57-64.
- Granados-Ramírez GR, Hernández-Hernández R (2018) Reconversión de cultivos como resultado de la presencia de huanglongbing en Colima, México. *Revista Geográfica de América Central* 61E: 413-431.
- Hall DG (2009) An assessment of yellow sticky card traps as indicators of the abundance of adult *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) in citrus. *Journal of Economic Entomology* 102: 446-452.
- Herrera J, Cadena P, Sanclemente A (2005) Diversidad de la artropofauna en monocultivo y policultivo de maíz (*Zea mays*) y habichuela (*Phaseolus vulgaris*). *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle* 6: 23-31.
- Jiménez-Martínez E, Sandino DV, Antonio GM, Rosalío LG (2008) Comparación de la ocurrencia poblacional de insectos plagas y benéficos en arreglos de policultivo y monocultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), chiltoma (*Capsicum annum*, L.) y maíz (*Zea mays*, L.). *La Calera* 8: 19-28.
- Lozano CMG, Jasso AJ (2012) Identificación de enemigos naturales de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) en el estado de Yucatán, México. *Fitosanidad* 16: 5-11.
- Maldonado RT, Almaguer GV, Álvarez MES, Robledo ES (2008) Diagnóstico nutrimental y validación de dosis de fertilización para limón persa. *Terra Latinoamericana* 26: 341-349.
- Mas A, Dietsch T (2003) An index of management intensity for coffee Agroecosystems to evaluate butterfly species richness. *Ecological Applications* 13: 1491-1501.
- Morales-Vásquez E, Miguel-Méndez RS, Vázquez-Xochipa A, Janelly-Barrientos-Roldan M, Gutiérrez-Carmona DE, Altamirano-Leal C (2014) Análisis de la diversidad de la macrofauna edáfica por estratos en dos usos de suelo en San Lorenzo Ometepec, Puebla. *Entomología Mexicana* 1: 514-518.
- Murillo-Cuevas FD, Adame-García J, Cabrera-Mireles H, Fernández-Viveros JA (2019) Fauna y microflora edáfica asociada a diferentes usos de suelo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 6: 23-33.
- Padilla-Vega J, Jiménez OJJ, Estrada MH (2015) Análisis de la estructura vegetal de huertas frutícolas del sur de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 6: 1443-1454.

- Rebolledo-Martínez L, Megchún-García JV, Rebolledo-Martínez A, Orozco-Corona DM (2019) Asociación de frutales de limón persa (*Citrus latifolia*) y palma de coco (*Cocos nucifera* L.) con el aporte de materia seca por cultivos anuales. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático* 5: 1248-1266.
- Rivera L, Armbrrecht I (2005) Diversidad de tres gremios de hormigas en cafetales de sombra, de sol y bosques de Risaralda. *Revista Colombiana de Entomología* 31: 89-96.
- Robles BHM (2011) Los productores de café en México: problemática y ejercicio del presupuesto. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Estados Unidos. 223p.
- Sánchez S, Hernández M (2011) Comportamiento de comunidades de lombrices de tierra en dos sistemas ganaderos. *Pastos y Forrajes* 34: 359-366.
- SIAP (2018) Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, año 2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SAGARPA. México http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp. Fecha de consulta: 12 de agosto de 2019.
- Stechauner RR, Madriñán MR (2013) Interacción macrofauna-microbiota: Efectos de la transformación de residuos de cosecha sobre la actividad de β -glucosidasa edáfica. *Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 11: 184-195.
- Triplehorn CA, Johnson NF (2005) Borror and delong's introduction to the study of insects. Reimpresión 2005. 7th Edition. Thomson Brooks/Cole. USA. 864p.
- Villegas MA, Mora AA (2011) Avances de la fruticultura en México. *Revista Brasileira de Fruticultura Jaboticabal* 33: 179-186.
- Wimp MG, Murphy MS, Finke LD, Huberty FA, Denno FR (2010) Increased primary production shifts the structure and composition of a terrestrial arthropod community. *Ecology* 91: 3303-3311.