

Efecto del insecticida Clorpirifós en sistemas de labranza sobre la artropofauna del cultivo de fríjol

Chlorpyrifos's effect into tillage systems about the bean farming's arthropofauna

Víctor Hugo Delgado P.¹

¹Pregrado, Facultad de Ciencias Agrícolas, Pasto, Colombia, dpvh2008@hotmail.com

RESUMEN

El uso intensivo de pesticidas y maquinaria para el cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) ha conllevado a un deterioro de los agroecosistemas colombianos, haciéndose necesario fomentar la biodiversidad y aprovechar los servicios ecológicos que ofrece (control de plagas y abonado natural del suelo) para reducir costos e incrementar el rendimiento. En este contexto, el objetivo del presente trabajo, es evaluar el efecto del insecticida Clorpirifós sobre la biodiversidad de artropofauna en un cultivo de fríjol (semilla certificada "FACIANAR"), de la finca "Filadelfia", corregimiento de Obonuco (Pasto). El diseño experimental se hizo por bloques completos al azar, ocupando 570m², distribuidos en tres repeticiones de 190m², compuestas por cuatro tratamientos con área útil de 24 m² cada uno, para un total de 288m² (96m² por repetición). La cosecha se realizó en seco, 240 días después de sembrado, obteniéndose 1024 plantas (64 por tratamiento y 256 por bloque). Las muestras se tomaron antes y después de aplicar insecticida, colectándose 21.169 morfoespecies distribuidas en siete clases taxonómicas, siendo la clase insecta (20.612 organismos), con los órdenes Thysanoptera, Collembola, Diptera y Coleoptera, los más abundantes. Comparar medias de Tukey demostró una mayor variedad de artropofauna al emplearse el sistema de labranza mínima sin insecticida (3,56); en cambio, el sistema de labranza convencional con aplicación de Clorpirifós demostró una menor diversidad (2,56). El análisis de varianza sobre diversidad de artropofauna asociada y rendimiento del cultivo, determinó que no existen diferencias significativas entre los cuatro tipos de tratamiento empleados en esta investigación.

Palabras clave: Biodiversidad; Insecticida; *Phaseolus vulgaris* L.; Plagas; Producción; Rendimiento.

ABSTRACT

The intensive use of pesticides and machinery for the bean's cultivation (*Phaseolus vulgaris* L.) has led to a deterioration of Colombian agroecosystems, making it necessary to promote biodiversity and take advantage of the ecological services it offers (pest control and natural fertilization of soil) to reduce costs and increase performance. In this context, the objective of this work is to evaluate the effect of the Clorpirifós insecticide onto the artropofauna's biodiversity in a crop of bean (certified seed "FACIANAR"), from the "Filadelfia" farm, in the village of Obonuco (Pasto). The experimental design was made by full random blocks, occupying 570m², distributed into three repetitions of 190m², composed by four treatments with an useful area of 24m² each, and 288m² in total (96m² per repetition). The harvest was done in dry, 240 days after sowing, obtaining 1024 plants (64 per treatment and 256 per block). The samples were taken before and after applying insecticide, collecting 21.169 morphospecies distributed into seven taxonomic classes, being the insecta class (20.612 organisms), with the orders Thysanoptera, Collembola, Diptera and Coleoptera, the most common ones. Comparing means of Tukey showed a greater variety of artropofauna when using the minimum tillage system without insecticide (3.56); Meanwhile, the conventional tillage system with Chlorpyrifos application showed a lower diversity (2.56). The analysis of variance on the diversity of associated arthropofauna and crop yield determined that there are no significant differences between the four types of treatment used in this investigation.

Keywords: Biodiversity, Insecticide, Performance, Pests, *Phaseolus vulgaris* L., Production.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de fríjol ocupa un lugar preponderante a nivel nacional al contribuir con proteínas y carbohidratos de importancia nutricional para la dieta de los colombianos. Al igual que otros cultivos tradicionales de la región, el fríjol tiene algunas limitaciones derivadas de un manejo técnico irracional y del abuso de plaguicidas y maquinaria para la preparación del suelo, lo cual ha afectado los agroecosistemas y su biodiversidad (MADR, 2016). Dado que este cultivo se caracteriza por su escasa biodiversidad entomológica, se considera que sistemas más diversificados estimulan la biodiversidad de artrópodos benéficos (Castillo y González, 2008). Así mismo, la simbiosis entre plantas leguminosas y bacterias del género *Rhizobium* es importante en la agricultura, al permitir la fijación del nitrógeno atmosférico en el suelo, reduciendo el uso de abonos y suprimiendo patógenos al ocupar su habitad. También cabe mencionar que la nodulación por parte del *Rhizobium* en las leguminosas se anula o reduce por el uso pesticidas, puesto que, en principio, afectan la viabilidad de la bacteria y su capacidad para nodular raíces (Sommerville y Greaves, 1987).

Según Altieri (1999), en los sistemas agrícolas, la biodiversidad cumple funciones más allá del reciclaje de nutrientes, la regulación de procesos hidrológicos y microclima local, también desempeña el control de organismos indeseables y la detoxificación de residuos químicos. La evidencia experimental sugiere que la biodiversidad puede usarse para el manejo óptimo de plagas, siendo posible estabilizar las comunidades de insectos en los agroecosistemas diseñando arreglos espaciales que sostengan poblaciones de enemigos naturales (Risch *et al.*, 1980). En consecuencia, se observa la necesidad de encontrar técnicas efectivas en las diferentes prácticas agrícolas al ser una herramienta importante en como alternativas que conserven los agroecosistemas y un uso racional de los agroquímicos al aplicar un método de labranza optimizado (Altieri y Letourneau, 1982).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto del insecticida Clorpirifós sobre la riqueza específica y diversidad de la artropofauna en los sistemas de labranza de un cultivo

aplicar el insecticida (Tabla 1). Los especímenes obtenidos se llevaron al laboratorio de entomología de la Universidad de Nariño, en recipientes plásticos con una solución de etanol al 80%, para su posterior conteo e identificación a nivel de morfoespecie.

Tabla 1. Abundancia general de la artropofauna asociada al cultivo de frijol en los dos sistemas de labranza, con y sin la aplicación de Clorpirifós.

Clase	Orden	Familia	Total	Clase	Orden	Familia	Total
Arachnida	Acarina	<i>Mesostigmata</i> sp.1	86	Insecta		<i>Asilidae</i>	4
		pos. <i>Trombidiidae</i>	2			<i>Bibionidae</i>	7
	Araneae	<i>Lycosidae</i> Sundevall	67			<i>Ceratopogonidae</i>	780
		<i>Salticidae</i> Blackwall	1			<i>Culicidae</i>	18
		<i>Tetragnathidae</i> Menge	103			<i>Dixidae</i>	6
		<i>Theridiidae</i> Sundevall	1			<i>Dolichopodidae</i>	467
		<i>Thomisidae</i>	1			<i>Drosophilidae</i>	786
Sin Identificar	83	<i>Muscidae</i>	746				
Chilopoda	Lithobiomorpha	pos. <i>Henicopidae</i>	4			<i>Syrphidae</i>	3
	Scolopendromorpha	<i>Scolopocryptopidae</i>	6			<i>Tabanidae</i>	1
		<i>Pocock</i>				<i>Tephritidae</i> Newman	4
Diplopoda	Polydesmida	<i>Chelodesmidae</i> Cook	17			<i>Tipulidae</i>	40
		<i>Fuhrmannodesmidae</i>	8			Sin Identificar	2
	Spirobolida	<i>Rhinocricidae</i> Brolemann	2			<i>Cercopidae</i> Leach	1
Gastropoda	Gastropoda	<i>Gastropoda</i> Cuvier sp.1	58	<i>Cicadellidae</i>	75		
Clitellata	Hirudinida	<i>Hirudinidae</i> Whitman sp.1	4	<i>Delphacidae</i> Leach	28		
		<i>Blattodea</i>		<i>Hemiptera</i> Linnaeus	10		
Insecta	Coleoptera	<i>Blattidae</i>	1	<i>Pentatomidae</i> Leach	1		
		<i>Anthribidae</i> Billberg	1	<i>Termitaphididae</i>	245		
		<i>Cantharidae</i> Imhoff	28	Sin Identificar	590		
		<i>Carabidae</i> Latreille	566	<i>Apidae</i>	2		
		<i>Cerambycidae</i> Latreille	2	<i>Braconidae</i>	93		
		<i>Chrysomelidae</i> Latreille	153	<i>Formicidae</i>	1		
		<i>Coccinellidae</i> Latreille	7	<i>Hymenoptera</i> sp.1	12		
		<i>Coleoptera</i> Linnaeus sp.1	101	<i>Hymenoptera</i> sp.2	26		
		<i>Curculionidae</i> Latreille	37	<i>Hymenoptera</i> sp.3	20		
		<i>Elateridae</i> Leach	2	<i>Hymenoptera</i> sp.4	1		
		<i>Lampyridae</i> Rafinesque	6	<i>Ichneumonidae</i>	54		
		<i>Melyridae</i> Leach	43	pos. <i>Dryinidae</i>	253		
		<i>Ptiliidae</i> Erichson	23	<i>Geometridae</i>	70		
		<i>Ptilodactylidae</i> Laporte	8	<i>Noctuidae</i> Latreille	25		
		<i>Scarabaeidae</i> Latreille	29	Lepidoptera			
		<i>Scarabaeoidea</i> Latreille	32	pos. <i>Geometridae</i>	2		
		<i>Staphylinidae</i> Latreille	479	pos. <i>Tineidae</i>	48		
		<i>Entomobryidae</i>	713	Sin Identificar	1		
		Collembola	<i>Hypogastruridae</i>	7073	Neuroptera	<i>Hemerobiidae</i> Latreille	14
<i>Isotomidae</i>	1497		Psocoptera	<i>Psocoptera</i> sp.1	21		
<i>Sminthuridae</i>	39		Thysanoptera	<i>Phlaeothripidae</i> Uzel	4554		
Dermaptera	<i>Forficulidae</i> Stephens	151	Oligochaeta	pos. <i>Glossoscolecidae</i>	112		
	<i>Labiidae</i> Burr	1	Haplotaxida	pos. <i>Ocnerodrilidae</i>	2		
Diptera	<i>Agromyzidae</i>	567		Total	21169		

Manejo del experimento. La distancia entre plantas fue 0,5m y un metro entre surcos, para una densidad de 20.000 plantas por hectárea, es decir, 64 plantas por cada tratamiento, 256 plantas por bloque, y 1024 plantas en total. Se empleó el tutorado en varas, que consiste en que cada planta de fríjol de la semilla certificada variedad “FACIANAR” llevó su guía individual sobre la cual se enredó y desarrolló su ciclo fenológico. Se utilizó un total de 1024 varas, se sembró dos semillas por sitio y se realizó la correspondiente fertilización.

Aplicación de los fertilizantes. La fertilización del cultivo se realizó siguiendo el modelo de los agricultores del corregimiento de Obonuco, con abono orgánico a base de gallinaza una sola vez en el momento de la siembra aplicando 15g por planta aproximadamente.

Manejo fitosanitario. Se aplicó de forma preventiva Daconyl (25 cm³/bomba) y, curativa, Score (15 cm³/bomba). La aparición de enfermedades se controló, dependiendo del tipo, con fungicidas o bactericidas propios para evitar el riesgo de enfermedades al inicio del cultivo, como también problemas de Damping off. Se realizó una aplicación de VITABAX (producto comercial) en dosis de 25gr/k de semilla de fríjol FACIANAR1.

Cosecha. La cosecha del grano se realizó en seco, con una humedad del 15 al 19%, aproximadamente 240 días después de sembrado.

Descripción de los tratamientos

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones (Figura 1):

Tratamiento 1. Se utilizó el sistema de labranza convencional, preparando el terreno con dos aradas y dos rastrilladas, con eliminación mecánica de las malezas y se realizó la única aplicación del insecticida Clorpirifós en una dosis de 3 gr/lit. de Lorsban* 4 EC con una bomba de palanca de 20 litros a 40 PSI con una boquilla de cono y con pantalla.

Tratamiento 2. Se usó el sistema de labranza convencional, preparando el terreno con dos aradas y dos rastrilladas, con eliminación mecánica de malezas y sin aplicar Clorpirifós.

Tratamiento 3. Consistió en utilizar el sistema de labranza reducida, la siembra del fríjol se realizó con chaquín sin remover el suelo, y se aplicó el herbicida glifosato (480 g i.a./ha) para el manejo de malezas las cuales permanecieron como cobertura en el suelo; y se hizo la única aplicación del insecticida Clorpirifós en una dosis de 3g/L de Lorsban* 4 EC con una bomba de palanca de 20 litros a 40 PSI con una boquilla de cono y con pantalla.

Tratamiento 4. Se utilizó el sistema de labranza mínima, la siembra se realizó con chaquín sin remover el suelo, y aplicando el herbicida glifosato (1080 g i.a./ha) para el manejo de malezas, las cuales se conservaron como cobertura del suelo. No se aplicó Clorpirifós.

Aplicación del insecticida

Se hizo una sola y única aplicación del insecticida cuando la tercera hoja trifoliada logró desplegarse a los 45 días después de sembrado.

Métodos de captura

Para obtener artropofauna terrestre, se usaron trampas enterradas en el suelo (Pitfall traps). Para la captura de artropofauna aérea se emplearon el jameo o red y los marcos de sacudir.

Pitfall Traps. Las trampas enterradas en el suelo se usaron para atrapar insectos rastreros y artropofauna terrestre. Se fabrican con un recipiente de plástico transparente (de 12 por 10 cm) dentro de un cilindro insertado en el suelo con un embudo abierto a la superficie en su parte superior, cubierto con una cortina plástica (20 cm de diámetro), apoyado por alambre galvanizado a 60 cm del suelo. Cada recipiente se llenó con 200 ml de etanol al 80%, tetracloruro de carbono y glicerina para preservar las muestras. Las trampas se activaron una semana después de colocarse, para minimizar los efectos de la alteración del suelo. Se colocaron tres trampas por cada unidad experimental, en zig-zag, distribuidas en los surcos centrales, para un total de 12 trampas por repetición y 9 por tratamiento (Badji, 2006).

Jameo o Red. Se realizó movimientos pendulares horizontales metiendo la red unos 20cm dentro del follaje mientras se caminaba a un paso normal. Después del último golpe se cerró la bolsa por medio de una rotación de muñeca de 180° (Andrews y Caballero, 1989).

Cuadro de aporreo o marco de sacudir. Se realizó con un pedazo de tela (hule blanco) de 60 por 100 cm, adherido a un marco de madera por debajo de la planta de frijol para posteriormente sacudirla cuatro veces. A los insectos capturados se los colocó en un recipiente plástico que contenía una solución de etanol al 80%.

Unidad experimental

El total de las unidades experimentales fue de 12 parcelas. El tamaño de esta unidad fue de 24m², con una cantidad de 64 plantas por unidad.

VARIABLES DE RESPUESTA

Rendimiento. Se obtuvo al final del ciclo productivo del cultivo a partir de la cosecha de los surcos centrales de cada unidad experimental. El procedimiento para determinar el porcentaje de humedad del grano fue realizado por personal especializado de FENALCE mediante un analizador de humedad fijo Motomco. Los resultados, se expresaron en toneladas por hectárea (t/ha), previa estandarización a un contenido de humedad del grano de 13% mediante la siguiente fórmula:

$$Pf = \frac{p_0(100 - H_0)}{100 - H_f}$$

Dónde: *Pf*: Peso final
H₀: Humedad inicial
p₀: Peso inicial
H_f: Humedad final

Riqueza específica y diversidad. Se efectuó la comparación de la abundancia relativa y la riqueza de la artropofauna colectada en trampas (Pitfall traps), marcos de sacudir y jameos, antes y después de aplicar insecticida para cada tipo de labranza (convencional y mínima).

Para identificar a nivel de morfoespecie, los especímenes se llevaron al laboratorio de entomología de la Universidad de Nariño. Su conteo, clasificación e identificación fue realizado por la bióloga Martha Isabel Romo, para obtener su diversidad por medio de la siguiente fórmula de cálculo según el Índice de diversidad de Margalef (Moreno, 2001).

$$DMg = \frac{S - 1}{Ln N}$$

Dónde: S = número de especies
N = número total de individuos.

Riqueza específica y diversidad para insectos plaga. Se comparó la abundancia relativa y la riqueza de plagas colectadas, antes y después de aplicar el insecticida en cada tipo de labranza. Para saber si el insecto puede dañar las plantas y realizar conteos e identificación a fin de obtener el índice de diversidad de Margalef para morfoespecies plaga, es necesario examinar los caracteres del aparato bucal del insecto, entre los que podemos encontrar los siguientes: masticador, con estructuras llamadas mandíbulas y maxilas (abejones, hormigas, abejas); perforador-chupador, en forma de estilete (chinchas, áfidos y pulgones); raspador-chupador, cónico y con mandíbulas asimétricas (piojillo). En cambio, el aparato chupador-succionador de mariposas y polillas les impide causar daños en los cultivos (CATIE, 1999).

Incidencia de daño en vainas. Se tomaron 14 plantas por unidad experimental, 7 por surco central, formando un zig-zag entre ellos, para un total 42 plantas por tratamiento. Se realizó un conteo del total de vainas y de las afectadas por los daños causados por especímenes de la familia Curculionidae y Noctuidae para obtener la incidencia de daño con la siguiente fórmula: Incidencia de daño en vainas = # Total de vainas * 100 / # Vainas afectadas.

Análisis Estadístico

Los datos se interpretaron estadísticamente por medio del análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Riqueza específica y diversidad. Se colectó un total de 21.169 morfoespecies, distribuidas en siete clases taxonómicas, la clase insecta fue la más abundante (20.612 organismos) y los órdenes Thysanoptera (Trips), Collembola, Diptera (moscas) y Coleoptera (cucarrones) los más dominantes por cantidad de individuos encontrados (Tabla 1).

En los cuatro tratamientos dominaron, principalmente, el orden Diptera, con las familias: Agromiziidae, Ceratopogonidae, Dolichopodidae, Drosophilidae y Muscidae; seguido del orden Collembola (Hypogastruridae, Isotomidae y Entomobryidae); el Hemiptera (Aphidae); el Thysanoptera (Phlaeothripidae); el Hymenoptera (pos. Dryinidae) y el orden Coleoptera, con las familias: Scarabeidae y Staphylinidae (Tabla 2).

Tabla 2. Abundancia de la artropofauna asociada al cultivo de fríjol, discriminada por tipo de tratamiento.

Orden	Familia	T1	T2	T3	T4	Total	Orden	Familia	T1	T2	T3	T4	Total
Acarina	<i>Mesostigmata</i> sp.1	18	28	26	14	86		<i>Agromyzidae</i>	160	154	130	123	567
	pos. <i>Trombidiidae</i>	1	0	1	0	2		<i>Asilidae</i>	1	0	2	1	4
Araneae	<i>Lycosidae</i> Sundevall	12	14	32	9	67		<i>Bibionidae</i>	4	2	1	0	7
	<i>Salticidae</i> Blackwall	0	0	0	1	1		<i>Ceratopogonidae</i>	181	173	208	218	780
	<i>Tetragnathidae</i> Menge	24	33	20	26	103		<i>Culicidae</i>	7	5	4	2	18
	<i>Theridiidae</i>	0	1	0	0	1		<i>Dixidae</i>	2	3	1	0	6
	<i>Tomisidae</i>	0	0	0	1	1		<i>Dolichopodidae</i>	120	153	98	96	467
	Sin Identificar					83	Diptera	<i>Drosophilidae</i>	176	182	207	221	786
Lithobiomorpha	pos. <i>Henicopidae</i>	0	0	2	2	4		<i>Muscidae</i>	153	189	194	210	746
Scolopen- dromorpha	<i>Scolopocryptopidae</i>	2	2	2	0	6		<i>Syrphidae</i>	1	0	0	2	3
	<i>Pocock</i>							<i>Tabanidae</i>	0	0	0	1	1
Polydesmida	<i>Chelodesmidae</i> Cook	7	6	2	2	17		<i>Tephritidae</i> Newman	0	1	0	3	4
	<i>Fuhrmannodesmidae</i> <i>Brolemann</i>	2	0	4	2	8		<i>Tipulidae</i>	10	11	5	14	40
Spirobolida	<i>Rhinocricidae</i>	0	1	0	1	2		Sin Identificar					2
	<i>Brolemann</i>							<i>Termitaphididae</i>	50	67	53	75	245
Gastropoda	<i>Gastropoda</i> Cuvier sp.1	4	10	24	20	58		<i>Cercopidae</i> Leach	1	0	0	0	1
Hirudinida	<i>Hirudinidae</i> Whitman	1	1	2	0	4	Hemiptera	<i>Cicadellidae</i>	17	14	21	23	75
Blattodea	<i>Blattidae</i>	0	1	0	0	1		<i>Delphacidae</i> Leach	3	3	8	14	28
	<i>Anthribidae</i> Billberg	1	0	0	0	1		<i>Hemiptera</i> Linnaeus	0	0	0	10	10
	<i>Cantharidae</i> Imhoff	4	8	7	9	28		<i>Pentatomidae</i> Leach	0	1	0	0	1
	<i>Carabidae</i> Latreille	176	199	98	93	566		Sin Identificar					590
	<i>Cerambycidae</i> Latreille	1	0	0	1	2		<i>Apidae</i>	0	1	0	1	2
	<i>Chrysomelidae</i> Latreille	40	44	19	50	153		<i>Braconidae</i>	28	26	18	21	93
	<i>Coccinellidae</i> Latreille	2	0	3	2	7		<i>Formicidae</i>	0	0	0	1	1
	<i>Coleoptera</i> Linnaeus sp.1	31	19	22	29	101	Hymenoptera	<i>Hymenoptera</i> sp.1	5	1	3	3	12
	<i>Curculionidae</i> Latreille	9	11	6	11	37		<i>Hymenoptera</i> sp.2	8	6	6	6	26
	<i>Elateridae</i> Leach	1	0	1	0	2		<i>Hymenoptera</i> sp.3	4	4	2	10	20
	<i>Lampyridae</i> Rafinesque	1	3	1	1	6		<i>Hymenoptera</i> sp.4	0	0	0	1	1
	<i>Scarabaeoidea</i> Latreille	10	9	5	8	32		<i>Ichneumonidae</i>	8	12	20	14	54
	<i>Melyridae</i> Leach	7	12	6	18	43		pos. <i>Dryinidae</i>	105	68	36	44	253
<i>Ptiliidae</i> Erichson	4	2	12	5	23	Lepidoptera	<i>Geometridae</i>	12	32	7	19	70	
<i>Ptilodactylidae</i> Laporte	6	1	1	0	8		<i>Noctuidae</i> Latreille	10	7	4	4	25	
<i>Scarabaeidae</i> Latreille	1	17	4	7	29		pos. <i>Geometridae</i>	1	0	0	1	2	
<i>Staphylinidae</i> Latreille	129	149	116	85	479		pos. <i>Tineidae</i>	14	9	10	15	48	
	<i>Entomobryidae</i>	157	267	111	178	713	Neuroptera	<i>Hemerobiidae</i> Latreille	4	4	3	3	14
Collembola	<i>Hypogastruridae</i>	1606	2150	1270	2047	7073	Psocoptera	<i>Psocoptera</i> sp.1	6	9	3	3	21
	<i>Isotomidae</i>	433	199	274	591	1497	Thysa- noptera	<i>Phlaeothripidae</i> Uzel	1305	1331	816	1102	4554
	<i>Sminthuridae</i>	13	8	2	16	39		<i>Thripidae</i> Stephens	11	14	6	11	42

Dermaptera	<i>Forficulidae</i> Stephens	30	40	57	24	151	Haplo- taxida	pos. <i>Glossoscolecidae</i> <i>Hemerobiidae</i> Latreille	15	26	30	41	112
	<i>Labiidae</i> Burr	0	0	1	0	1			0	1	1	0	2

El análisis de varianza demostró que los tratamientos no influyeron sobre el conjunto de artrópodos, no existiendo diferencias significativas entre ellos (Tabla 3), sin embargo, se encontró un efecto sobre la abundancia un día después de la aplicación del insecticida Clorpirifós, pues se detectaron diferencias significativas para este momento, no encontrándose, en cambio, para ningún otro día de la recolección de muestras (Tabla 4).

Tabla 3. Análisis de varianza para el índice de Margalef de la abundancia de artropofauna asociada al cultivo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado Medio
Bloque parcela	2	0,103 ns
Tratamiento	3	0,057 ns
Error	6	0,059
Total	11	

ns: No significativo

Medias de Tukey

Tratamientos	Promedio Índice de Margalef
1	5,96 a
2	6,04 a
3	6,18 a
4	6,27 a

Prueba de medias según Tukey 5%

Tabla 4. Análisis de varianza para el índice de Margalef de la abundancia de artropofauna asociada al cultivo de frijol, discriminada por días de colecta.

Fuente de variación	Grados de libertad	Índice de Margalef (Cuadrado Medio)										
		16 d.a.	8 d.a.	3 d.a.	1 d.d.	5 d.d.	17 d.d.	31 d.d.	52 d.d.	73 d.d.	94 d.d.	118 d.d.
Bloque parcela	2	0,141 ns	1,178 ns	0,366 ns	0,738 ns	0,020 ns	0,325 ns	1,65 ns	0,685 ns	0,218 ns	0,25 ns	0,093 ns
Tratamiento	3	0,768 ns	0,229 ns	0,384 ns	0,503 ns	0,415 ns	0,528 ns	0,387 ns	0,391 ns	0,296 ns	0,158 ns	0,266 ns
Error	6	0,201	0,715	0,228	0,085	0,34	0,249	0,665	0,215	0,333	0,164	0,276
Total	11											

ns = no significativo; ** = significativo; d.a. = días antes; d.d. = días después

La comparación de medias de Tukey (Tabla 5), demostró mayor diversidad de artrópoda en el sistema de labranza convencional sin aplicar insecticida (Tratamiento 2), con un valor de 3.56. En cambio, al utilizar labranza mínima con aplicación de insecticida Clorpirifós (Tratamiento 3), se obtuvo una menor diversidad, con un índice de Margalef de 2,56.

Tabla 5. Índice de Margalef de la diversidad de la artrópoda un día después de la aplicación del insecticida Clorpirifós.

Tratamientos	Promedio Índice de Margalef
T1 (Labranza convencional con Clorpirifós)	3,07 ab
T2 (Labranza convencional sin Clorpirifós)	3,56 a
T3 (Labranza mínima con Clorpirifós)	2,56 b
T4 (Labranza mínima sin Clorpirifós)	3,00 ab

Prueba de medias según Tukey 5%

Si bien, el uso de labranza mínima presenta mayor abundancia y diversidad de artrópodos, esto no se registró todos los días de recolección, debido a que utilizar insecticidas reduce la población de artrópodos y a factores como época del año, antigüedad del sistema y secuencia de cultivos, que afectan la diversidad (Mojocoa, 2004).

También se observó, para todos los tratamientos, que la población más abundante de insectos se concentró en el orden Collembola, familias Entomobryidae, Hypogastridae e Isotomidae, con un total de 398 y 482 individuos colectados (tratamientos 2 y 3) (Tabla 6).

El haber encontrado más individuos del orden Collembola en el tratamiento que utilizó labranza mínima aplicando el insecticida, pudo deberse a la capacidad de amortiguamiento de la cobertura que impide a los plaguicidas impactar directamente el suelo y afectar su diversidad, lo que no sucede en el sistema de labranza convencional que sufre la penetración de los plaguicidas en suelos desprotegidos (McLaughlin y Mineau, 1995).

Así mismo, se aprecia que el número de familias de insectos plaga es menor al número de familias de depredadores, sin embargo, existe una mayor población de insectos plaga que de depredadores, encontrándose en la labranza convencional sin Clorpirifós (Tratamiento 2) las familias plaga: Agromiziidae, Aphidae, Chrysomelidae, Geometridae y Phlaeothripidae

y a depredadores de las familias: Braconidae, Carabidae, Dolichopodidae, Forficulidae, Hemerobidae, Lycosidae y Dryinidae; y para la labranza mínima con Clorpirifós (Tratamiento 3) se encontró a las familias plaga Agromiziidae, Aphidae y Phlaeothripidae y a las familias de depredadores Carabidae, Forficulidae, Lycosidae y Dryinidae (Tabla 6).

Tabla 6. Artropofauna colectada un día después de la aplicación del insecticida Clorpirifós.

T1: Familia	#	T2: Familia	#	T3: Familia	#	T4: Familia	#
<i>Agromyzidae</i>	17	<i>Agromyzidae</i>	2	<i>Agromyzidae</i>	2	<i>Agromyzidae</i>	12
<i>Termitaphididae</i>	1	<i>Termitaphididae</i>	3	<i>Termitaphididae</i>	4	<i>Termitaphididae</i>	1
<i>Bibionidae</i>	1	<i>Braconidae</i>	2	<i>Carabidae Latreille</i>	5	<i>Braconidae</i>	2
<i>Carabidae Latreille</i>	2	<i>Cantharidae Imhoff</i>	2	<i>Cerambycidae Latreille</i>	13	<i>Cantharidae Imhoff</i>	1
<i>Cerambycidae Latreille</i>	19	<i>Carabidae Latreille</i>	4	<i>Coleoptera Linnaeus sp.1</i>	2	<i>Carabidae Latreille</i>	2
<i>Chrysomelidae Latreille</i>	6	<i>Cerambycidae Latreille</i>	21	<i>Drosophilidae</i>	7	<i>Cerambycidae Latreille</i>	20
<i>Coleoptera Linnaeus sp.1</i>	3	<i>Chrysomelidae Latreille</i>	8	<i>Entomobryidae</i>	24	<i>Chrysomelidae Latreille</i>	9
<i>Dixidae</i>	1	<i>Coleoptera Linnaeus sp.1</i>	5	<i>Forficulidae Stephens</i>	4	<i>Cicadellidae</i>	1
<i>Dolichopodidae</i>	2	<i>Dolichopodidae</i>	1	<i>Hymenoptera sp.2</i>	3	<i>Coleoptera Linnaeus sp.1</i>	4
<i>Drosophilidae</i>	5	<i>Drosophilidae</i>	19	<i>Hypogastruridae</i>	301	<i>Dolichopodidae</i>	3
<i>Entomobryidae</i>	33	<i>Entomobryidae</i>	85	<i>Isotomidae</i>	157	<i>Drosophilidae</i>	27
<i>Forficulidae Stephens</i>	4	<i>Forficulidae Stephens</i>	2	<i>Lycosidae Sundevall</i>	2	<i>Entomobryidae</i>	116
<i>Gastropoda sp.1</i>	1	<i>Gastropoda sp.1</i>	2	<i>Scarabaeoidea Latreille</i>	1	<i>Forficulidae Stephens</i>	4
<i>Hymenoptera sp.2</i>	1	<i>Geometridae</i>	1	<i>Muscidae</i>	5	<i>Hymenoptera sp.2</i>	1
<i>Hypogastruridae</i>	475	<i>Hemerobiidae Latreille</i>	2	<i>Phlaeothripidae Uzel</i>	19	<i>Hypogastruridae</i>	291
<i>Ichneumonidae</i>	1	<i>Hypogastruridae</i>	218	pos. <i>Dryinidae</i>	3	<i>Isotomidae</i>	203
<i>Isotomidae</i>	323	<i>Ichneumonidae</i>	1	pos. <i>Glossoscolecidae</i>	1	<i>Mesostigmata sp.1</i>	5
<i>Lycosidae Sundevall</i>	3	<i>Isotomidae</i>	95	pos. <i>Tineidae</i>	3	<i>Muscidae</i>	13
<i>Scarabaeoidea Latreille</i>	4	<i>Lampyridae Rafinesque</i>	1	<i>Ptiliidae Erichson</i>	4	<i>Phlaeothripidae Uzel</i>	47
<i>Mesostigmata sp.1</i>	5	<i>Lycosidae Sundevall</i>	3	<i>Staphylinidae Latreille</i>	3	pos. <i>Dryinidae</i>	10
<i>Muscidae</i>	13	<i>Scarabaeoidea Latreille</i>	5	<i>Tetragnathidae Menge</i>	1	pos. <i>Glossoscolecidae</i>	2
<i>Phlaeothripidae Uzel</i>	34	<i>Mesostigmata sp.1</i>	5			<i>Ptiliidae Erichson</i>	2
pos. <i>Dryinidae</i>	5	<i>Muscidae</i>	25			<i>Scarabaeidae Latreille</i>	1
pos. <i>Tineidae</i>	5	<i>Phlaeothripidae Uzel</i>	88			<i>Sminthuridae</i>	3
<i>Ptiliidae Erichson</i>	1	pos. <i>Dryinidae</i>	5			<i>Staphylinidae Latreille</i>	6
<i>Ptilodactylidae Laporte</i>	4	pos. <i>Tineidae</i>	2			<i>Tetragnathidae Menge</i>	1
<i>Staphylinidae Latreille</i>	12	<i>Ptiliidae Erichson</i>	1				
<i>Tipulidae</i>	1	<i>Staphylinidae Latreille</i>	17				
		<i>Tetragnathidae Menge</i>	2				
Total	982		627		564		787

Riqueza específica y diversidad para familias plaga. Se colectaron un total de 5.796 morfoespecies, distribuidas en cinco ordenes, siendo la familia Phlaeothripidae la más abundante con 4.554 organismos, seguida de Agromyzidae, Termitaphididae,

Chrysomelidae, Cicadellidae, Geometridae, Thripidae, Curculionidae, Delphacidae y Noutuidae respectivamente (Tabla 1).

El análisis de varianza realizado al índice de diversidad de insectos plaga, demostró que no existen diferencias significativas entre los distintos tratamientos (Tabla 7), sin embargo, se detectaron diferencias considerables solo 17 días después de la aplicación del insecticida Clorpirifós, no encontrándose para ningún otro día de recolección (Tabla 8).

Tabla 7. Análisis de varianza para el índice de Margalef de plagas colectadas en el cultivo.

Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado Medio
Bloque parcela	2	0,026 ns
Tratamiento	3	0,007 ns
Error	6	0,022
Total	11	

ns = no significativo

Medias de Tukey

Tratamientos	Promedio Índice de Margalef
1	1,27 a
2	1,38 a
3	1,37 a
4	1,3 a

Prueba de medias según Tukey 5%

Tabla 8. Análisis de varianza para el índice de Margalef de la abundancia de plagas, discriminada por día de colecta.

Fuente de variación	Grados de libertad	Índice de Margalef (Cuadrado Medio)										
		16 d.a.	8 d.a.	3 d.a.	1 d.d.	5 d.d.	17 d.d.	31 d.d.	52 d.d.	73 d.d.	94 d.d.	118 d.d.
Bloque parcela	2	0,285 ns	0,125 ns	0,168 ns	0,094 ns	0,205 ns	0,01 ns	0,48 ns	0,194 ns	0,243 ns	0,002 ns	0,085 ns
Tratamiento	3	0,972 ns	0,101 ns	0,115 ns	0,041 ns	0,883 ns	0,224 ns	0,93 ns	0,028 ns	0,071 ns	0,121 ns	0,09 ns
Error	6	0,457	0,36	0,134	0,027	0,294	0,03	0,4	0,071	0,055	0,094	0,082
Total	11											

ns = no significativo; ** = significativo; d.a. = días antes d.d. = días después

La comparación de medias de Tukey para los índices de diversidad de Margalef obtenidos 17 días después de aplicar el insecticida, demostró que el uso de la labranza mínima sin

insecticida obtuvo un índice de diversidad mayor (1,48) que la labranza convencional con insecticida (0,86), siendo este último el tratamiento con menor diversidad (Tabla 9).

Tabla 9. Medias del índice de Margalef para la diversidad de plagas 17 días después de aplicar Clorpirifós.

Tratamientos	Promedio Índice de diversidad 17 d.d.
T1 (Labranza convencional con Clorpirifós)	0,86 b
T2 (Labranza convencional sin Clorpirifós)	1,26 ab
T3 (Labranza mínima con Clorpirifós)	1,00 ab
T4 (Labranza mínima sin Clorpirifós)	1,48 a

Prueba de medias según Tukey 5%

El encontrar mayor biodiversidad de insectos plaga en el sistema de labranza mínima pudo deberse a la cobertura vegetal que provee lugares de ovoposición, alimentación y refugio tanto a plagas como a depredadores. Empleando el sistema de labranza convencional con aplicación de Clorpirifós, se redujo la población de plagas para este día de colecta al estar expuesto el suelo y por el hecho de usar el insecticida (Lietti *et al.*, 2008).

Así mismo, se observó que la familia con mayor cantidad de organismos en ambos tratamientos fue Phlaeothripidae (180 y 42 individuos colectados en Tratamiento 1 y 4 respectivamente). Además, se encontraron plagas de las familias: Agromyzidae, Termitaphididae, Chrysomelidae, Curculionidae, Delphacidae en el tratamiento 1 y de Agromyzidae, Termitaphididae, Chrysomelidae, Cicadellidae, Curculionidae, Scarabidae y Thripidae en el tratamiento 4; para un total de 219 y 95 individuos colectados respectivamente (Tabla 10).

Tabla 10. Total de insectos plaga colectados 17 días después de aplicar Clorpirifós.

T1: Familia	#	T2: Familia	#	T3: Familia	#	T4: Familia	#
Agromyzidae	8	Agromyzidae	13	Agromyzidae	18	Agromyzidae	16
Termitaphididae	14	Termitaphididae	18	Termitaphididae	7	Termitaphididae	18
Chrysomelidae	15	Chrysomelidae Latreille	15	Chrysomelidae Latreille	2	Chrysomelidae Latreille	8
Latreille		Curculionidae Latreille	2	Phlaeothripidae Uzel	15	Cicadellidae	1
Curculionidae	1	Geometridae	4	Thripidae Stephens	2	Curculionidae Latreille	2
Latreille		Noctuidae Latreille	1			Geometridae	2
Delphacidae Leach	1	Phlaeothripidae Uzel	152			Phlaeothripidae Uzel	42
Phlaeothripidae	180	Scarabaeidae Latreille	1			Scarabaeidae Latreille	1
Uzel		Thripidae Stephens	1			Thripidae Stephens	6
Total	219		207		44		96

Rendimiento. Al realizar el análisis de varianza se observó que los tratamientos no tienen efecto sobre el rendimiento del cultivo (Tabla 11), obteniendo promedios de 1.96, 1.53, 1.70 y 2.01 toneladas por hectárea para los cuatro tratamientos respectivamente (Tabla 12). Esto pudo deberse a las bajas temperaturas durante la investigación, que fueron en promedio de 13,22°C para la época de evaluación, causando una reducida tasa de crecimiento de insectos, puesto que, las temperaturas frías representan un problemático desafío para los organismos de sangre fría porque en esas condiciones se retardan los procesos biológicos y se reducen las velocidades de movimiento, alimentación y crecimiento de la población, algo que inevitablemente altera la dinámica poblacional de insectos (Dillon y Frazier, 2013).

Tabla 11. Análisis de varianza del rendimiento (t/ha).

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado Medio
Bloque parcela	2	1 ns
Tratamiento	3	0,15 ns
Error	6	0,38
Total	11	

ns: No significativo

Medias de Tukey

Tratamientos	Rendimiento promedio t/ha
1	1,96 a
2	1,53 a
3	1,7 a
4	2,01 a

Prueba de medias según Tukey 5%

Tabla 12. Medias para el rendimiento

Tratamientos	Rendimiento promedio t/ha
T1 (Labranza convencional con Clorpirifós)	1,96 a
T2 (Labranza convencional sin Clorpirifós)	1,53 a
T3 (Labranza mínima con Clorpirifós)	1,70 a
T4 (Labranza mínima sin Clorpirifós)	2,01 a

Prueba de medias según Tukey 5%

Incidencia de daño en vainas: El análisis de varianza demostró que los diferentes tratamientos no tienen ningún efecto sobre la incidencia de daño en vainas (Tabla 13), con promedios de 5.45, 5.58, 5.81 y 4.91, respectivamente para los cuatro tipos de tratamiento

(Tabla 14). Esto puede atribuirse a las bajas temperaturas y a que el cultivo de frijol puede salir adelante sin un mayor uso de insecticidas (Loaiza, Jaramillo y León, 2001).

Tabla 13. Análisis de varianza para la incidencia de daño en vainas.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrado Medio
Bloque parcela	2	10,53 ns
Tratamiento	3	0,45 ns
Error	6	4
Total	11	

ns: No significativo

Medias de Tukey

Tratamientos	Índice de daño (%)
1	5,45 a
2	5,58 a
3	5,81 a
4	4,91 a

Prueba de medias según Tukey 5%

Tabla 14. Medias para incidencia de daño en vainas.

Tratamientos	Promedio de incidencia de daño
T1 (Labranza convencional con Clorpirifós)	5,45 a
T2 (Labranza convencional sin Clorpirifós)	5,58 a
T3 (Labranza mínima con Clorpirifós)	5,81 a
T4 (Labranza mínima sin Clorpirifós)	4,91 a

Prueba de medias según Tukey 5%

CONCLUSIONES

El estudio mostró una mayor diversidad de artropofauna asociada al cultivo de frijol cuando se empleó un sistema de labranza mínima sin aplicación de Clorpirifós, situación inversa a la registrada cuando se utilizó un sistema de labranza convencional en asociación con el insecticida aplicado, que resultó ser el tratamiento con la menor diversidad de artropofauna.

La incidencia de la artropofauna asociada y el rendimiento del cultivo no demostraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos aplicados en el presente trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altieri, M. A. (1999). Agroecología, Bases científicas para una agricultura sustentable. Montevideo, Uruguay: Editorial Nordan. 226.

Altieri, M. A.; Letourneau, D. L. (1982). Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection*. 1: 405-430.

Andrews, K. L.; Caballero, R. (1989). Guía para el estudio de órdenes y familias de insectos de Centro América. 4 ed. Tegucigalpa, Honduras. 179p.

Badji, C.A.; Guedes, R.N.C.; Silva, A.A.; Correa, A.S.; Queiroz, M.E.L.R.; Michereff - Filho, M. (2006). Non-target impact of deltamethrin on soil arthropods of maize fields under conventional and no-tillage cultivation. U. Federal de Vicoça: 8.

Castillo, N.; González, C. (2008). Comportamiento poblacional de insectos fitófagos en el monocultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y en la asociación con maíz (*Zea mays* L.). *Protección Vegetal*. 23 (3): 156.

CATIE-Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza. (2018). Plagas y enfermedades forestales en América Central: manual de consulta. Turrialba, Costa Rica: CATIE. 6-14p.

Crossley, D. A.; Mueller, B. R.; Perdue, J. C. (1992). Biodiversity of microarthropods in agricultural soils: relations to processes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 40. Athens, USA: University of Georgia. 37-46.

Dillon, M. E.; Frazier, M. R. (2013). Thermodynamics Constrains Allometric Scaling of Optimal Development Time in Insects. *PLoS ONE*. 8 (12).

Lietti, M.; Gamundi, J. C.; Montero, G.; Molinari, A.; Bulacio, V. (2008). Efecto de dos sistemas de labranza sobre la abundancia de artrópodos que habitan en el suelo. *Ecología austral*. 18 (1): 71-87.

Loaiza, C. A.; Jaramillo, P. J. A.; León T. F. (2001). Incidencia de factores sociales, económicos, culturales y técnicos en el uso de pequeños productores del departamento de Antioquia. Medellín, Colombia: PRONATTA – ICA. 172p.

Mclaughlin, A.; Mineau, P. (1995). The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 55. Athens, USA: University of Georgia. 201–212p.

MADR-Ministerio De Agricultura y Desarrollo Rural. (2016). Encuesta Nacional Agropecuaria. Bogotá.

Mojocoa, M. (2004). Efecto del uso de clorpirifos en maíz (*zea mays* L.) sobre los artrópodos no-blanco del suelo. Universidad del Tolima. Ibagué, Colombia. 44p.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Vol. 1. Serie Manuales y Tesis SEA. San José, Costa Rica: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo de la UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. 84p.

Nicholls, C.; Altieri, M. (2009). Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas: ilustrando la estrategia con un ejemplo práctico de diseño agroecológico en viñedos. Berkeley, USA: Universidad de California. 20p.

Perrin, R. M. (1975). The role of the perennial stinging nettle *Urtica dioica* as a reservoir of beneficial natural enemies. *Annals of Applied Biology*. 81: 289-297.

Risch, S. J. (1980). The population dynamics of several herbivorous beetles in a tropical agroecosystem: the effect of intercropping corn, beans and squash in Costa Rica. *Journal of Applied Ecology*. 17(3): 593-612

Sommerville, L.; Greaves, M. P. (1987). *Pesticide Effects on the Soil Microflora*. Taylor and Francis. Londres, Inglaterra. 240p.

Stinner, B. R.; House, G. J. (1990). Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. *Annual Review of Entomology*. 35: 299-318.