Efecto de la asociación de cinco cultivos hortícolas en los niveles de defoliación y en la biodiversidad de organismos plaga y benéficos

Andrés Sebastián Nieto Sáenz

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2010

ZAMORANO
CARRERA DE DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTE

Efecto de la asociación de cinco cultivos hortícolas en los niveles de defoliación y en la biodiversidad de organismos plaga y benéficos

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Andrés Sebastián Nieto Sáenz

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2010

Efecto de la asociación de cinco cultivos hortícolas en los niveles de defoliación y en la biodiversidad de organismos plaga y benéficos

Presentado por:

Andrés Sebastián Nieto Sáenz

Aprobado:

_____
Jeffery Pack, D.P.M.
Asesor Principal

_____
Arie Sanders, M.Sc.
Director
Carrera de Desarrollo Socioeconómico y Ambiente

_____
José Mora, Ph.D.
Asesor

_____
Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

_____
Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Nieto, S. 2010. Efecto de la asociación de cinco cultivos hortícolas en los niveles de defoliación y en la biodiversidad de organismos plaga y benéficos. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 80p**.**

La diversificación de cultivos en tiempo y espacio es uno de los aspectos agroecológicos que se podrían usar para manejar plagas, ya que se acondicionaría el hábitat de los enemigos naturales y se simularían los procesos naturales. Para probar este supuesto se usó maíz dulce, habichuela, lechuga, rábano y yuca en monocultivo y policultivo. Éstos se distribuyeron en 16 tratamientos con cuatro repeticiones: seis parcelas de monocultivo y diez de policultivo en combinaciones de dos, tres, cuatro y cinco cultivos. Además se establecieron tratamientos sin aplicación de pesticida y con variaciones de fertilización. En cada parcela se colocaron trampas de caída y con redes entomológicas se realizaron cuatro muestreos a 10, 24, 40 y 58 días después del trasplante. Se obtuvieron las medias del número de individuos benéficos e individuos plaga en agrupaciones de insectos, por cada tratamiento y muestreo. Las medias citadas se compararon mediante un ANDEVA con el programa SPSS. Los grupos que resultaron diferentes fueron Chrysomelidae ($F=2.39$; g.l.=63; $p=0.010$) e Hymenoptera ($F=3.56$; g.l.=63; $p=0.008$) en el primer muestreo, Chrysomelidae ($F=2.46$; g.l.=63; $p=0.009$) en el segundo muestreo, Hymenoptera ($F=2.25$; g.l.=55; $p=0.024$), Diptera ($F=2.01$; g.l.=55; $p=0.045$) y Chrysomelidae ($F=3.84$; g.l.=55; $p<0.001$) en el tercer muestreo y Diptera ($F=2.56$; g.l.=51; $p=0.013$) en el cuarto muestreo. También se obtuvo la frecuencia relativa de especies y se estimó el índice de Shannon-Weaver y la proporción de insectos benéficos - plaga en cada tratamiento y muestreo. Los policultivos con fertilización del 125% y sin aplicación de pesticida tuvieron la mayor diversidad en los cuatro muestreos ($\overline{H}'_{POL125\%} = 2.59 \pm 0.28$, $\overline{H}'_{MH(n)} = 2.64 \pm 0.12$). También se calculó el área foliar y las tasas de defoliación en habichuela por interpolación polinómica, obteniendo más área foliar en policultivo que en monocultivo, pero sin ninguna diferencia en las tasas de defoliación. Hubo una preferencia del grupo Chrysomelidae por el cultivo de habichuela y se comprobó mayor capacidad de alojar individuos benéficos en policultivos sin pesticida.

Palabras clave: Agroecología, agroecosistemas, área foliar, enemigos naturales, índice Shannon, policultivos.

CONTENIDO

Portadilla i
Página de firmas ii
Resumen iii
Contenido iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos v

1. INTRODUCCIÓN 1

2. REVISIÓN DE LITERATURA 5

3. MATERIALES Y MÉTODOS 14

4. RESULTADOS 24

5. DISCUSIÓN 51

6. CONCLUSIONES 56

7. RECOMENDACIONES 57

8. LITERATURA CITADA 58

9. ANEXOS 63

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro Página

1. Valor cualitativo del índice de Shannon para cada uno de los tipos de diversidad indicada. 8
2. Descripción del maíz (Zea mays L.) y sus relaciones ecológicas. 9
3. Descripción de la yuca (Manihot esculenta Crantz.) y sus relaciones ecológicas. 9
4. Descripción de la lechuga (Lactuca sativa L.) y sus relaciones ecológicas. 10
5. Descripción del rábano (Raphanus sativus L.) y sus relaciones ecológicas. 11
6. Descripción de la habichuela y sus relaciones ecológicas. 11
7. Familias del Orden Diptera y sus relaciones parasíticas con otros tipos de organismos. 13
8. Resumen de los policultivos y monocultivos usados en este estudio con su respectiva simbología.EAP Zamorano, Honduras, 2010. 14
9. Densidades de siembra para los tratamientos y testigos de los cultivos utilizados en este estudio con sus respectivas distancias entre plantas y surcos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 16
10. Variedades de cada cultivo usadas en el presente estudio. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 17
11. Agrupaciones de insectos realizadas para el análisis estadístico. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 19
12. Valor cuantitativo según Ramírez González (2006) de los valores del índice de Shannon por tratamiento y número de muestreo. EAP Zamorano, Honduras, 2010. . 36
13. Estadísticos descriptivos para el área foliar (AF) en cuadros de 0.25 cm2 y en cm2 y el porcentaje de defoliación en hojas de habichuela en monocultivo y policultivo. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 44
14. Estadísticos de significancia para las correlaciones entre niveles de fertilización y valores del índice de Shannon con sus niveles maximizadores y minimizadores de diversidad 49

Figura Página

1. Elementos que integran el estudio de la agroecología como un enfoque integral. 5
2. Distribución de estaciones de muestreo dentro de cada unidad experimental. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 18
3. Forma de una de las hojas de habichuela modelada con interpolación polinómica (Escala 1.2:1). 22
4. Promedios de individuos por grupos de insectos benéficos en cada tratamiento a 10 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 25
5. Promedios de individuos por grupos de insectos plaga en cada tratamiento a 10 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 26
6. Promedios de individuos por grupos de insectos benéficos en cada tratamiento a 24 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 28
7. Promedios de individuos por grupos de organismos plaga en cada tratamiento a 24 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 29
8. Promedios de individuos por grupos de organismos benéficos en cada tratamiento a 40 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010..... 31
9. Promedios de individuos por grupos de insectos plagas en cada tratamiento a 40 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 32
10. Promedios de individuos por grupos de insectos benéficos en cada tratamiento a 58 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 34
11. Promedios de individuos por grupos de insectos benéficos en cada tratamiento a 58 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 35
12. Valores del índice de Shannon - Weaver para cada uno de los tratamientos a 10 DDT. A) Índices para el total de insectos y otros organismos B) Índice de diversidad para insectos plaga y benéficos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 37
13. Valores del índice de Shannon - Weaver para cada uno de los tratamientos a 24 DDT. A) Índices para el total de insectos y otros organismos B) Índice de diversidad para insectos plaga y benéficos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 38
14. Valores del índice de Shannon - Weaver para cada uno de los tratamientos a 40 DDT. A) Índices para el total de insectos y otros organismos B) Índice de diversidad para insectos plaga y benéficos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 39
15. Valores del índice de Shannon - Weaver para cada uno de los tratamientos a 58 DDT. A) Índices para el total de insectos y otros organismos B) Índice de diversidad para insectos plaga y benéficos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 40
16. A) Relación del número de insectos benéficos con el número de insectos plaga por tratamiento a 10 DDT (NBEN : NPLAG). B) Frecuencia relativa en porcentaje (%) de las especies presentes en cada tratamiento respecto al número total de especies observado en todas las parcelas. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 41
17. A) Relación del número de individuos benéficos con el número de individuos plaga por tratamiento a 24 DDT (NBEN : NPLAG). B) Frecuencia relativa en porcentaje (%) de las especies presentes en cada tratamiento respecto al número total de especies observado en todas las parcelas. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 42
18. A) Relación del número de individuos benéficos con el número de individuos plaga por tratamiento a 40 DDT (NBEN : NPLAG). B) Frecuencia relativa en

porcentaje (%) de las especies presentes en cada tratamiento respecto al número total de especies observado en todas las parcelas. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 43
19. A) Relación del número de insectos benéficos con el número de insectos plaga por tratamiento a 58 DDT (NBEN : NPLAG). B) Frecuencia relativa en porcentaje (%) de las especies presentes en cada tratamiento respecto al número total de especies observado en todas las parcelas. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 44
20. Muestras de las hojas de habichuela más cercanas al suelo cinco días después de haber sido extraídas del campo. A) Hojas de habichuela en policultivo con 100% de fertilización y con pesticida. B) Hojas de habichuela en monocultivo (Escala 3:1). EAP Zamorano, Honduras, 2010. 45
21. Variación en el tiempo de arañas, Chrysomelidae y Diptera en monocultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 46
22. Variación en el tiempo de arañas, Chrysomelidae y Diptera en policultivos. Las líneas punteadas representan las fechas de cosecha de rábano, lechuga y habichuela. EAP Zamorano, Honduras, 2010..... 47
23. Variación en el tiempo de arañas, Chrysomelidae y Diptera en asociaciones de dos, tres y cuatro cultivos. Las líneas punteadas representan las fechas de cosecha de rábano, lechuga y habichuela. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 48
24. Gráficas de correlación entre los niveles de fertilización y los valores del índice de Shannon para cada uno de los muestreos con sus respectivas ecuaciones. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 50

Anexo Página

1. Demanda de nutrientes por tratamiento suplido con aplicaciones de abono orgánico para complementar la fertilización inorgánica. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 63
2. Dosis de fertilización requerida para suplir la demanda de nutrientes de cada tratamiento y las dosis aplicadas quincenalmente. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 64
3. Número de individuos de cada familia de vertebrados (*) e invertebrados encontrados a los 10 y 24 días de establecidos los tratamientos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 65
4. Número de individuos de cada familia de vertebrados (*) e invertebrados encontrados a los 40 y 58 días de establecidos los tratamientos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 66
5. Tratamientos con diferencias significativas entre sí para el número de individuos Hymenoptera a 10 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 68
6. Tratamientos con diferencias significativas entre sí para el número de individuos Chrysomelidae a 10 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 68
7. Tratamientos con diferencias significativas entre sí para el número de individuos Chrysomelidae a 24 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 68

8. Tratamientos con diferencias significativas entre sí para el número de individuos Hymenoptera a 40 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 68
9. Tratamientos con diferencias significativas entre sí para el número de individuos Chrysomelidae a 40 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 68
10. Tratamientos con diferencias significativas entre sí para el número de individuos Diptera a 58 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 69
11. Resultados del análisis de varianza en policultivos y monocultivos para área foliar y porcentaje de defoliación. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 69
12. Fotografías de algunas de los organismos observados en el estudio. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 70
13. Análisis de varianza (ANDEVA) de los grupos de insectos para el primer muestreo. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 71
14. Análisis de varianza (ANDEVA) de los grupos de insectos para el segundo muestreo. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 72
15. Análisis de varianza (ANDEVA) de los grupos de insectos para el tercer muestreo. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 73
16. Análisis de varianza (ANDEVA) de los grupos de insectos para el cuarto muestreo. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 74
17. Separación de medias por el método Tukey para el grupo Hymenoptera a 10 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 75
18. Separación de medias por el método Tukey para el grupo Chrysomelidae a 10 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 75
19. Separación de medias por el método Tukey para el grupo Chrysomelidae a 24 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 75
20. Separación de medias por el método Tukey para el grupo Hymenoptera a 40 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 76
21. Separación de medias por el método Tukey para el grupo Chrysomelidae a 40 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 76
22. Separación de medias por el método Tukey para el grupo Diptera a 58 DDT**.** EAP Zamorano, Honduras, 2010. 76
23. Distribución espacial del diseño completamente al azar para los tratamientos del estudio; los cuadros gris oscuro son tratamientos sin plaguicida, los cuadros gris claro son tratamientos en los que se varió la cantidad de fertilizante. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 77
24. Esquema de la ubicación de los cinco cultivos en los tratamientos con policultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 78
25. Esquema general de una unidad experimental (Escala 1:200). Las barras blancas representan las camas donde se plantaron los cultivos, las barras negras representan los canales entre U.E. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 78
26. Número de insectos–día por cada muestreo a lo largo del estudio. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 79
27. Uso Equivalente del Terreno (UET) y rendimientos comerciales de los tratamientos con policultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010. 80

1. INTRODUCCIÓN

1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La producción agrícola se ha intensificado en las últimas décadas por las aplicaciones tecnológicas derivadas de la "Revolución Verde", tales como fertilización química y fumigación con pesticidas. Sin embargo, esas prácticas han mostrado ser insostenibles a largo plazo porque deterioran el equilibrio ecológico del planeta. Por esta razón, se ha estado buscando alternativas de producción que sean más sostenibles con el ambiente y que al mismo tiempo alimenten la población humana que aumenta exponencialmente desde mediados del siglo XX (Altieri, 1999).

Una de las alternativas que se han propuesto para producir alimentos de manera sustentable es la agricultura ecológica, conocida como agroecología, que busca reproducir los procesos naturales tales como el ciclo de los nutrimentos, la relación depredador - presa y la asociación de cultivos en el mismo espacio. Esta última práctica pretende imitar la biodiversidad vegetal existente en los sistemas naturales caracterizados por mantener un equilibrio entre insectos depredadores y presa. La noción que un productor tiene respecto a si un insecto es plaga o benéfico, se debe a que estos organismos ahora viven en ecosistemas alterados, en los que predominan los monocultivos. Estos sistemas no ofrecen las condiciones suficientes para alojar fauna depredadora de los considerados insectos plaga. La ventaja de los policultivos es que ofrecen eficiencia en el uso de espacio, radiación solar, nutrientes y humedad del suelo en comparación a los monocultivos bajo las mismas condiciones (Vandermeer, 1989). Es por ello que autores como Altieri (1999) y Gliessman (2002), afirman que solo la comprensión integral de los procesos naturales puede permitir superar la crisis socioeconómica de los productores rurales de los países en vías de desarrollo y al mismo tiempo mantener los recursos naturales en el largo plazo. Un ejemplo de un sistema común de policultivo es el de frijol con maíz y calabaza, que representa hasta el 80% del frijol producido en las áreas rurales en Latinoamérica, (Pérez y Sánchez 2006). Otra asociación muy practicada en zonas templadas es la de un cereal con una leguminosa, como el trébol, con la que se busca aprovechar el nitrógeno fijado por ésta última y que va a servir para el cereal que es el cultivo objetivo (Benckiser y Schnell, 2007). En un estudio realizado por Andow (1991), se demostró que asociando cultivos en un mismo lugar, se incrementaba un 53% las poblaciones de especies de depredadores y parasitoides de insectos plaga comparadas con sus respectivos monocultivos.

Aunque prácticas como las antes citadas se han realizado desde hace siglos, su estudio formal es relativamente reciente. Esto se debe principalmente a la dificultad de manejar cultivos simultáneos e introducir maquinaria o por la complejidad de evaluar los datos generados en este tipo de sistemas (Pérez y Sánchez, 2006). Este interés por las prácticas agrícolas tradicionales se ha renovado debido principalmente al elevado precio de los insumos a base de petróleo, que han motivado a los productores a buscar alternativas que les permita reducir gastos y que al mismo tiempo sean amigables con el ambiente.

1.2 ANTECEDENTES

Los principios agroecológicos propuestos por Altieri y Nicholls (2000), recomiendan, entre otros 1) diversificar las especies vegetales y animales en tiempo y en espacio, 2) minimizar la erosión hídrica manteniendo la cobertura del suelo y creando microclimas, 3) minimizar los daños causados por insectos fitófagos, patógenos y malezas estimulando la presencia de fauna benéfica o que sea antagonista o con propiedades alelopáticas, 4) intensificar las sinergias que surgen de la interacción entre plantas, plantas – animales y entre animales. Estas afirmaciones ponen de manifiesto la necesidad de adaptar los agroecosistemas a los procesos naturales y así contribuir al desarrollo socioeconómico ambiental. Pérez y Sánchez (2006), en un estudio realizado en Nicaragua con un sistema de policultivos de tres especies hortícolas, concluyeron que los sistemas combinados están en capacidad de albergar una mayor diversidad de insectos benéficos a diferencia de los monocultivos que albergaban más insectos plaga. Esto puede explicarse por la estratificación de los sistemas: mientras más cubierta vegetal exista en el plano vertical del paisaje, más hábitats y microclimas van a crearse, por lo cual puede existir mayor diversidad de artropofauna benéfica o maléfica (Herrera *et al.*, 2005). Otra explicación a la disminución del ataque de plagas, es la especificidad con la que un alto número de plagas atacan a los cultivos, es decir el insecto u hongo preferirán invadir un determinado cultivo y no otro, pero al tener más especies vegetales, le será más difícil encontrar al cultivo objetivo (Smith *et al.*, 2001). Este efecto ecológico también se ve combinado con el mayor aprovechamiento de nutrientes en el perfil del suelo, ya que la estratificación también se da a nivel radicular a lo largo de los horizontes: las raíces de las diferentes especies vegetales cubren diferentes profundidades, disminuyendo significativamente el lixiviado de los fertilizantes aplicados al suelo y aumentando el rendimiento económico de estos químicos (Altieri y Nicholls, 2000). De esta forma, al disminuir de manera natural la incidencia de insectos plaga y la aplicación de fertilizante, se obtiene estabilidad en la producción a largo plazo, debido a la conservación del suelo y menos aplicación de pesticidas (Pérez y Sánchez, 2006).

Es conocido por ejemplo, que para un cultivo en policultivo, el rendimiento por hectárea del policultivo será menor que la del monocultivo. No obstante, si se compara con los rendimientos de todos los cultivos con el cálculo del Uso Equivalente de Terreno (UET), los policultivos son sistemas más eficientes. El UET compara la sumatoria de producciones en Kg/ha, de un cultivo en policultivo respecto a ese mismo cultivo en monocultivo, como se muestra en la Ecuación [1] (Mead y Willey, 1980).

$$UET = \frac{Intercultivo_1}{Policultivo_1} + \frac{Intercultivo_2}{Policultivo_2} + \frac{Intercultivo_3}{Policultivo_3} \ \ldots \ + \frac{Intercultivo_n}{Policultivo_n} \qquad [1]$$

Achupallas y Gaitán (2009) obtuvieron un UET= 1.62 en asociaciones de maíz dulce, pepino y habichuela, lo que significa que las asociaciones fueron 62% más productivos que sus correspondientes monocultivos.

La mayoría de estudios realizados con policultivos, toman como referencia tres especies, que son típicamente cultivos extensivos entre maíz, frijol, calabaza, camote y yuca. Pocos son los estudios que se enfocan en policultivos hortícolas de hasta cinco especies. Para esto es necesario sincronizar el ciclo productivo de cada especie para no tener problemas de competencia por luz por las especies de poca altura. Luego se puede comparar si el UET, aumenta o se estabiliza al aumentar el número de especies hortícolas en un mismo espacio. De la misma forma se ha analizado con poco detalle si el incremento de especies vegetales en una misma área incrementa la abundancia de familias de insectos o el número de individuos por especie o qué tipo de artropofauna se aloja conforme aumenta el número de estratos (Altieri y Nicholls, 2004).

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio evaluaría la dinámica poblacional de organismos benéficos y organismos plaga al incrementar el número de especies vegetales en un mismo espacio. Con este conocimiento, los investigadores del control biológico y del manejo integrado de plagas, podrían entender mejor el funcionamiento de los agroecosistemas y optimizar el manejo de parasitoides o depredadores. Además, se pondrían en evidencia las ventajas ambientales de producir con asociaciones de cinco cultivos, como la disminución de aplicación de pesticidas, incremento de la diversidad de microfauna benéfica y la conservación de los procesos ecológicos con fines productivos. La producción de cultivos hortícolas en asociaciones ayudaría a mantener plantas saludables, mejorando las autodefensas del cultivo y al mismo tiempo alejaría los insectos plaga que buscan alimentarse de individuos enfermos (Defour, 2000). En Centroamérica hay pocos estudios que relacionan la diversificación de cultivos y su efecto en la diversidad de enemigos naturales (Pérez y Sánchez, 2006).

El estudio contribuiría a sustentar los principios de la agricultura ecológica, que busca enfatizar el desarrollo social, económico y ambiental del área rural de los países pobres. Al extenderse este conocimiento se podría incentivar a los productores a cambiar las prácticas agrícolas tradicionales, como el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos y ser manejadores de agroecosistemas, no de cultivos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general:

Contrastar los niveles poblacionales de organismo plaga y organismos benéficos en combinaciones selectas de cinco cultivos asociados versus sus respectivos monocultivos.

1.4.2 Objetivos específicos

- Estimar la población de organismos benéficos en policultivos y monocultivos mediante muestreos distribuidos a lo largo del desarrollo del cultivo y definir su papel dentro del agroecosistema.
- Estimar la población de organismos plaga en policultivos y monocultivos mediante muestreos distribuidos a lo largo del desarrollo del cultivo y definir el tipo de daño que causan dentro del agroecosistema.
- Evaluar los niveles de defoliación de habichuela en monocultivo y policultivo.
- Comparar el efecto de diferentes niveles de fertilización (NPK) en la diversidad asociada de policultivos.
- Evaluar la dinámica poblacional de organismos benéficos y plaga en diferentes etapas del ciclo productivo.
- Evaluar los efectos de las aplicaciones de pesticidas en algunas combinaciones de policultivos sobre la biodiversidad de insectos.

1.5 LÍMITES DEL ESTUDIO

El estudio se enfocó en comparar las incidencias poblacionales de insectos plaga y benéficos en cinco cultivos asociados y como monocultivo. Además se realizó una evaluación general de ambos agroecosistemas para comparar los daños producidos por las plagas. El estudio no evaluó 1) diferentes dosis de pesticida necesario para controlar plagas en monocultivo y policultivo 2) el aprovechamiento de fertilizantes del complejo sistema radicular del policultivo versus el simple estrato del monocultivo, 3) la protección que recibe el suelo al tener varios cultivos versus un monocultivo 4) la incidencia de malezas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 DEFINICIÓN DE AGROECOLOGÍA

La agroecología se define como el estudio de las interacciones biológicas que se dan en un agroecosistema, entendiéndose éste último como el medio natural modificado por el ser humano para producir alimentos u otros bienes como los biocombustibles (Hernández Villegas, 2009). La meta de la agroecología es analizar los procesos agrícolas de manera más amplia considerando en su estudio: los ciclos minerales, las transformaciones de la energía, los procesos biológicos y las relaciones socioeconómicas en un enfoque holístico (Altieri y Nichols, 2000). De lo anterior se deduce que las investigaciones agroecológicas no buscan solamente incrementar la producción, sino también optimizar las relaciones socioeconómicas y naturales para su sostenibilidad en el tiempo (Figura 1).

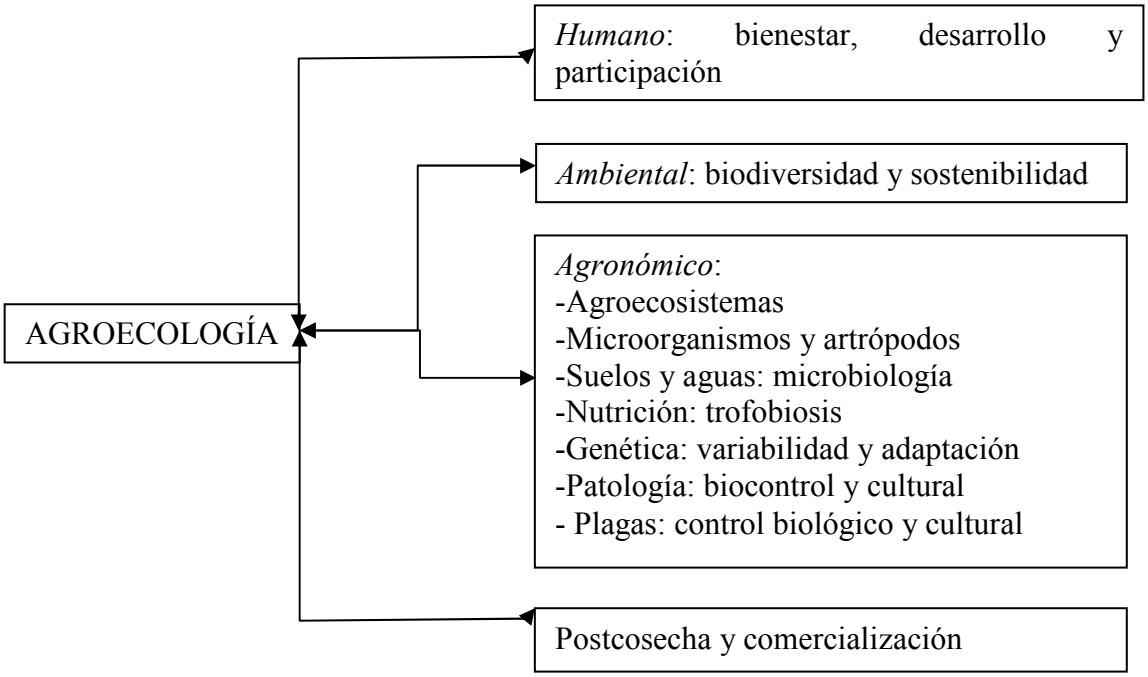


Figura 1. Elementos que integran el estudio de la agroecología como un enfoque integral. Fuente: Hernández Villegas (2009).

2.2 FUNCIONES DE LA AGROBIODIVERSIDAD EN EL MANEJO DE PLAGAS

La importancia de la biodiversidad en los ecosistemas naturales radica principalmente en la función de cada organismo en el ecosistema y como éstos están modificando su entorno y afectan a otros organismos con esta función. Por ejemplo en ecosistemas naturales, la cobertura vegetal de un bosque o de un pastizal previene la erosión del suelo, protege el agua subterránea de la contaminación química y previene la formación de escorrentía superficial (Altieri y Nicholls, 2004). La biodiversidad mantiene el equilibrio poblacional en un ecosistema al poseer individuos en cada uno de los niveles de la cadena trófica. Pero cuando la biodiversidad se simplifica, como es el caso de los monocultivos, todas estas funciones reguladoras se pierden (Altieri y Nicholls, 2004) y se corre el riesgo de erosión genética en el largo plazo, además de otros efectos.

Según Benckiser y Schnell (2007), la biodiversidad de un agroecosistema puede ser clasificada por el papel que desempeña cada componente en los sistemas de cultivos de la siguiente forma:

a) Biota productiva: cultivos, árboles y animales escogidos por los agricultores por su importancia económica para obtener productos de consumo.
b) Biota recurso: organismos que contribuyen a la productividad a través de la polinización, control biológico y descomposición, entre otros beneficios.
c) Biota destructiva: plagas, malezas, bacterias patógenas que los agricultores buscan reducir a través del manejo cultural.

De lo anterior se puede deducir, que en un agroecosistema se puede encontrar una biodiversidad planeada y una biodiversidad asociada La primera variará con el diseño que el agricultor establezca y la segunda proviene de la flora y fauna que coloniza el agroecosistema establecido desde los ambientes circundantes (Vandermeer, 1989). Andow (1991) demostró que se puede mejorar el manejo de plagas por medio de la diversificación de cultivos, ya que éstos crearían la estratificación vegetal necesaria para albergar mayores poblaciones de insectos enemigos de insectos plaga. La clave para esto es poder identificar el tipo de biodiversidad asociada que se desea para controlar las poblaciones de insectos plaga. La función del productor agrícola debería ser el crear el ambiente necesario para alojar a la fauna y flora que equilibre a las plagas que dañan los cultivos. Por esta razón se han planteado las siguientes hipótesis en los estudios agroecológicos (Altieri y Nicholls, 2004):

a) La hipótesis del enemigo natural: los parásitos y depredadores naturales son más efectivos en ecosistemas complejos, porque tienen más fuentes de comida y refugios para atrapar a sus presas.
b) La hipótesis de la concentración de recursos: los herbívoros especialistas se desarrollan y reproducen más en ecosistemas simples, porque poseen más recursos disponibles para su alimentación y reproducción.

c) La hipótesis de aterrizajes apropiados e inapropiados: los insectos plaga preferirán aterrizar en aquellos lugares que reflejen el color verde y evitarán lugares que reflejen el color café del suelo, sin importar que tipo de planta sea (Finch y Collier, 2000).

La segunda hipótesis se basa en el hecho de que las plagas seleccionan a sus plantas hospederas por reconocimiento químico. Esto atrae a especies plaga especialistas de cierto cultivo. La tercera hipótesis se basa en estímulos visuales que los organismos plaga utilizarían para encontrar follaje del cual se alimentan (Altieri y Nicholls, 2004).

Otro beneficio de diversificar cultivos, en el manejo de plagas, es el hecho de que una segunda y tercera especie vegetal puede crear dificultad a los insectos plaga para encontrar su planta hospedera y al mismo tiempo complicarían su movimiento, disminuyendo así los daños causados por plagas (Finch y Collier, 2000). Por ejemplo Rosset *et al.* (1985), demostraron que se puede disminuir el ataque de *Spodoptera sunia* en los cultivos de tomate al usar cultivos trampa como el frijol voluble, observándose que éste último cultivo fue atacado en su totalidad por *S. sunia* al igual que el monocultivo de tomate.

2.3 FERTILIZACIÓN Y BIODIVERSIDAD

La fertilización química es una práctica común en los agroecosistemas, cuyo objetivo principal es incrementar la producción de biomasa. Pero al incrementar la biomasa también se incrementa la biodiversidad asociada, porque aumenta la producción primaria neta, que es la base de la cadena trófica. Según Benckiser y Schnell (2007), la población de lombrices de tierra fue mayor en agroecosistemas en los que se aplicó fertilizante inorgánico que en aquellos que no recibieron ningún tipo de fertilización. La explicación que dan estos autores es que al aumentar la producción primaria de las plantas, también aumenta los residuos orgánicos que éstas dejan después del cumplir con su ciclo productivo, proveyendo más materia orgánica en el suelo, que a su vez alimentará las poblaciones de lombrices. Pero esta dinámica benéfica para la biodiversidad también depende del tipo de suelo en que se fertilice, pues según lo observado por Douds y Millner (1999), la fertilización en suelos ácidos con químicos basados en amoniaco, incrementa el pH y disminuye las poblaciones de lombrices y hace menos efectiva la acción de las micorrizas.

Sin embargo, estos estudios en los que se evidencia un incremento de la edafofauna de cultivos fertilizados, son contrastados por Altieri *et al.* (2005) al afirmar que la fertilización inorgánica podría influenciar las defensas de la planta. Esto se fundamenta en observaciones realizadas en 135 estudios, en los que se observó más daños de insectos defoliadores o mayor número de hojas mordisqueadas en cultivos fertilizados con nitrógeno que en aquellos en los que no se aplicó ningún fertilizante (Altieri y Nicholls, 2004). Según Smith y Collins (2007), el exceso de fertilización nitrogenada en el suelo tiene tres efectos en el cultivo: disminuye el valor nutricional de los alimentos, cambia el sabor natural y disminuye las defensas de las plantas contra plantas e insectos.

En contraste la fertilización orgánica promueve la actividad microbiana del suelo y deja menos nitrógeno libre en el follaje, el cual sería el causante del debilitamiento de las defensas de las plantas (Altieri *et al.*, 2005) y mantiene el sabor natural de las hortalizas. Gliessman (2002) hace referencia a la compensación del factor limitante, según el cual las poblaciones de fitófagos aumentan al agregar fertilizante al suelo y estimular un crecimiento más frondoso y rápido del cultivo afectado. Sin embargo, este exceso de biomasa, que naturalmente no se produciría, permite al cultivo soportar la población añadida de fitófagos y al mismo tiempo producir cantidades aceptables de hortalizas.

2.4 ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SHANNON – WEAVER (H´)

El índice de Shannon – Weaver (H´) es un instrumento que originalmente se creó para medir la incertidumbre de información que se puede transmitir en un código (Somarriba, 1999). El uso de este índice como medidor de biodiversidad surge cuando se compara a una comunidad de especies con un sistema de códigos que contienen varios tipos de señales que pueden ocupar un número limitado de categorías, que en los estudios de diversidad serían las especies o cualquier otra categoría taxonómica (Neotropicos, 2009). Según lo anterior, el índice de Shannon – Weaver mide la incertidumbre de encontrar un individuo en determinada categoría (especie en los estudios ecológicos). Si un alto número de individuos pertenecen a una sola categoría, el índice será bajo, mientras que si todas las categorías tienen números similares de individuos, el índice será alto (Neotropicos, 2009).

Ramírez González (2006) clasifica los valores del índice de Shannon según la porción de terreno que analiza. De esta forma se tiene una diversidad alfa (ά) para una comunidad o estación, una diversidad beta (β) para un gradiente del paisaje y una diversidad gama (γ) para una región (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valor cualitativo del índice de Shannon para cada uno de los tipos de diversidad indicada.

Diversidad alfa o en estación	Diversidad beta (gradiente) o Diversidad gamma (región)	Condición
0 -1	0 – 2.1	Muy baja
>1 – 1.8	>2.1 – 2.6	Baja
>1.8 – 2.1	>2.6 – 3	Media
>2.1 – 2.3	>3 – 3.3	Alta
>2.3	>3.3	Muy Alta

Fuente: Ramírez González (2006)

2.5 ASPECTOS ECOLÓGICOS Y BOTÁNICOS DE LOS CULTIVOS EN TRATAMIENTO

2.5.1 Maíz (*Zea mays* L.) - Familia: Poaceae

Cuadro 2. Descripción del maíz (*Zea mays* L.) y sus relaciones ecológicas.

Aspecto	**Descripción**
Producción	Anual.
Hojas	Lanceoladas de gran tamaño, alternas, paralelinervas, haz con vellosidades, filo cortante.
Tallo	Simple, robusto, erecto, sin ramificaciones, con médula esponjosa contenedora de carbohidratos.
Inflorescencia	Monoica: flores estaminadas con alto contenido de polen en posición apical y flores pistiladas en espádice.
Raíces	Fibrosas y adventicias de anclaje.
Fruto	En cariópside, derivado de un ovario tricarpelar, unilocular de placentación central basal.
Días de germinación	8 a 10 días con temperaturas geotérmicas de entre 15 a 20 °C.
Ciclo de producción	90 a 120 días.
Clima	Temperaturas de entre 25 a 30 °C, con alta incidencia solar; humedad relativa baja.
Requerimientos hídricos	5 mm por día (tasa de evapotranspiración).
Suelos	Francos con pH entre 6 a 7, profundos, buen drenaje interno.
Plagas comunes	Lepidoptera: *Agrotis* spp., *Spodoptyera* spp. Coleoptera: *Diabrotica* spp. Orthoptera: *Melanoplus* spp.

Fuente: Adaptada de Infoagro (2010) y Rueda (2006).

2.5.2 Yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) – Familia: Euphorbiaceae

Cuadro 3. Descripción de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz.) y sus relaciones ecológicas.

Aspecto	**Descripción**
Producción	Arbusto perenne.
Hojas	Caducifolias, simples, palmeada, profundamente lobuladas, glabras, variación de color de púrpura a verde claro. Peciolos largos. Contenido proteico de hasta 20%.
Tallo	Altura de hasta 2.5 m, reproducción asexual por estacas del tallo. Cilíndrico de 2 a 6 cm de diámetro, nudos y entrenudos notorios. Siembra horizontal para estimular el brote de las yemas axilares. Ramificaciones terciarias.
Inflorescencia	Monoica, flores estaminadas en posición apical y pistiladas en posición basal en menor número. Éstas últimas abren antes

	que las flores estaminadas para asegurar la polinización cruzada. Cinco pétalos de color rojo.
Raíces	Gran capacidad de almacenamiento de almidón, interés agronómico. Raíces adventicias que se forman en la base de los nudos de la estaca enterrada; forman un sistema fibroso pero unas diez engrosan para acumular almidón como fuente de energía para la planta.
Fruto	Cápsula ovoide dehiscente
Días para los primeros brotes de estaca	10 a 15 días.
Ciclo de producción	Nueve a 10 meses.
Clima	Trópico y subtrópico, temperaturas entre 18 a 30 °C, 12 horas luz, 80% de humedad relativa, pluviosidad entre 800 a 1,800 mm anuales, alturas de hasta 1,000 msnm. Zona de vida: Bosque húmedo tropical y bosque seco tropical (Holdridge, 2000).
Suelos	Bien drenados, francos, franco - limosos, profundos, ricos en potasio, pH entre 5 a 7.
Plagas comunes	*Sternocoelus* spp., *Aleurothrix* spp., *Iatrophobia* spp., *Eutrips manihoti, Erinnyis ello*, *Bemisia tabaci.*

Fuente: Adaptada de Infoagro (2010) y Rueda (2006).

2.5.3 Lechuga (*Lactuca sativa* L.) – Familia: Asteraceae

Cuadro 4. Descripción de la lechuga (*Lactuca sativa* L.) y sus relaciones ecológicas.

Aspecto	**Descripción**
Producción	Bianual.
Hojas	Borde liso, ondulado o aserrado, forman grupos de hojas compactas.
Tallo	Acaule con nudos y entrenudos casi juntos, en forma de roseta.
Inflorescencia	Capítulos florales amarillos dispuestos en racimos o corimbos.
Raíces	Pivotante con ramificaciones y poco profundas (25 cm).
Fruto	Seco en aquenio con vilano.
Días para germinación	5 a 10 días.
Ciclo de producción	50 a 80 días.
Clima	Temperatura de crecimiento 15 a 18 °C, humedad relativa entre 60 a 80%, Bosque húmedo montano bajo, 1,950 y 2,400 msnm, precipitaciones de 1,000 a 1,800 mm de anuales.
Suelos	Arenoso limosos, con buen drenaje, el pH óptimo entre 6.7 y 7.4.
Plagas comunes	*Thrips tabaci, Liriomyza* spp*, Myzus persicae, Agrotis* spp*., Phorbia platura.*

Fuente: Adaptada de Infoagro (2010) y Rueda (2006).

2.5.4 Rábano (*Raphanus sativus* L.) - Familia: Brassicaceae

Cuadro 5. Descripción del rábano (*Raphanus sativus* L.) y sus relaciones ecológicas.

Aspecto	**Descripción**
Producción	Bianual.
Hojas	Dos tipos: a) basales, pecioladas, glabras, de lámina lobulada o pinnatipartida, b) hojas caulinas escasas, pequeñas, oblongas, glaucas, algo pubescentes, menos lobuladas y dentadas.
Tallo	Acaule, con roseta de hojas y entrenudos muy unidos.
Inflorescencia	En racimo dispuestos en pedicelos alargados, pétalos blancos, 6 estambres y estigma lobulado.
Raíces	Napiformes, formadas a partir del ensanchamiento de la raíz pivotante, acumulan reservas para la floración y fructificación.
Fruto	Seco en silicua (bicarpelar unilocular).
Días para germinación	5 a 7 días.
Ciclo de producción	30 a 40 días.
Clima	Temperatura óptima de crecimiento entre 18 y 22 °C, humedad relativa entre 60 a 80%. Zona de vida: Bosque húmedo premontano, pluviometría entre 1000 - 2000 mm anuales, altitud entre 1,300 y 1,950 msnm.
Suelos	Francos a arenosos, pH de 5.8 a 6.5.
Plagas comunes	*Spodoptera* spp*., Agriotis* spp*, Myzus persicae.*

Fuente: Adaptada de Infoagro (2010) y Rueda (2006).

2.5.5 Habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.) – Familia: Fabaceae

Cuadro 6. Descripción de la habichuela y sus relaciones ecológicas.

Aspecto	**Descripción**
Producción	Anual.
Hojas	Simple, lanceolada.
Tallo	Herbáceo, en algunas variedades el tallo es voluble para envolverse sobre un soporte o tutor en sentido contrario al de las agujas del reloj.
Inflorescencia	Flor blanca en racimos de cuatro a ocho flores, con pedúnculos que nacen de la axila de las hojas maduras.
Raíces	Pivotante y poco profunda, con numerosas raíces secundarias. Puede asociarse con bacterias nitrificantes en nódulos y fijar nitrógeno atmosférico al suelo.
Fruto	De color verde y en legumbre, en el que se alojan de cuatro a seis semillas lisas.
Días para la germinación	Cinco a siete días.
Ciclo de producción	70 a 90 días.

Clima	Temperatura óptima de crecimiento: de 15 a 25 °C, humedad relativa entre 65% y 75%.
Suelos	Franco arenosos a franco limosos, pH de 6.5 a 7.
Plagas comunes	*Bemisia tabaci, Myzus persicae, Frankliniella* spp. *Diabrotica* spp.

Fuente: Adaptada de Infoagro (2010) y Rueda (2006).

2.6 DESCRIPCIÓN ECOLÓGICA DE ALGUNOS INSECTOS BENÉFICOS

2.6.1 Arañas (Orden: Araneae)

Las arañas son uno de los grupos de mayor importancia en el equilibrio de los ecosistemas, por ser generalistas, matan más insectos de los que en realidad consumen. Un alto número de arañas viven en el follaje de las plantas donde tejen sus redes para atrapar insectos voladores, pero también viven en el suelo donde se alimentan de los organismos que no pueden volar o trepan por la vegetación para capturar las presas que se esconden en las hojas. Aquellos campos que tienen cobertura vegetal tienden a poseer mayor diversidad de especies de arañas (Andrew y Caballero, 1995).

2.6.2 Mariquitas (Coleoptera: Coccinellidae)

Las mariquitas son uno de los insectos benéficos más conocidos por su comportamiento activo para capturar presas. Se reconocen fácilmente por su cuerpo redondeado de color rojo o amarillo marcado por puntos color negro, aunque algunas especies pueden ser de color negro. Tanto en la etapa larvaria como en la etapa adulta se alimentan de áfidos, por lo que su presencia es un indicador de un ecosistema controlado. Un individuo puede comer hasta 5,000 áfidos a lo largo de su vida, (Altieri *et al*., 2005), pudiendo extenderse su espectro de presas a huevos de polilla, huevos de crisomélidos, "trips" y otros insectos pequeños.

2.6.3 Moscas sírfidas (Diptera: Syrphidae)

Las moscas sírfidas, también conocidas como moscas flotantes, imitan la forma de una abeja o a una avispa. Las larvas de sírfidos son voraces depredadores de áfidos e insectos de lento movimiento. En etapa adulta, su dieta principal es el polen y la mielecilla dejada por pulgones, aunque algunas veces también se alimentan del sudor humano (Andrew y Caballero, 1995). Varía en otros tipos de moscas en que parasitan diversos grupos de organismos (Cuadro 7), por lo que juegan papeles benéficos en la agricultura.

Cuadro 7. Familias del Orden Diptera y sus relaciones parasíticas con otros tipos de organismos.

Familia	**Hospedero principal o presa**
Sciomyzidae	Filo: Mollusca; Clase: Gastrópoda
Nemestrinidae	Orthoptera: Acrididae
Bombyliidae	Hymenoptera, Coleoptera, Diptera
Pipunculidae	Homoptera: Auchenorryncha
Conopidae	Hymenoptera: abejorros y avispas adultas
Sarcophagidae	Lepidoptera, Orthoptera, Homoptera, Coleoptera, Gastropódos, etc.
Tachinidae	Lepidoptera, Hymenoptera, Coleoptera, Hemiptera, Diptera
Pyrgotidae	Coleoptera: Scarabaeidae
Acroceridae	Arachnida: Araneae
Phoridae	Hymenoptera, Coleoptera, Diptera, Diplopoda, Isoptera, Lepidoptera
Rhinophoridae	Isopoda
Calliphoridae	Lombrices de tierra y gastrópodos.

Fuente: Altieri *et al*. (2005)

2.6.4 Refugios para insectos benéficos.

Algunos depredadores generalistas como arañas, escarabajos terrestres y mantis religiosas solo tienen una o dos generaciones por año y son muy poco móviles (Mohler y Johnson, 2009). Por esa razón son necesarias fuentes permanentes de alimento y vegetación circundante al cultivo, que les permitan colonizarlo cuando las plagas lleguen de los ecosistemas aledaños. Otra estrategia para crear refugios para depredadores naturales es intercalando franjas de pasto con plantas ricas en polen, como el girasol. Con este cultivo extra, se estaría protegiendo tanto al suelo como a los depredadores generalistas que allí se encuentran.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 METODOLOGÍA

3.1.1 Área de estudio

El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP Zamorano), ubicada en el Valle del río Yeguaré a 30 Km de Tegucigalpa vía Danlí, Honduras (14°00'31.43" N, 86°59'55.20" W; 800 msnm). La temperatura media anual en la EAP es de 24 °C y su precipitación media anual es de 1,100 mm, lo que corresponde al bosque seco tropical (bs –T (c)) según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (2000). La clase textural de suelo predominante en la zona es el franco arcilloso, cuya cubierta vegetal proviene principalmente de cultivos hortofrutícolas. La época del año en el que se realizó el estudio fue de junio a septiembre, que corresponde al periodo de mayor precipitación en el año.

3.1.2 Diseño Experimental y Tratamientos

El estudio consistió de dos policultivos con dos asociaciones, un policultivo con tres asociaciones, dos policultivos con cuatro asociaciones, cinco policultivos con cinco asociaciones y seis monocultivos, todos con cuatro repeticiones cada una. Tres tratamientos no tuvieron ninguna aplicación de pesticida (monocultivo de maíz, policultivo de maíz - habichuela y policultivo de las cinco especies), para monitorear variaciones en las poblaciones de insectos, con y sin aplicaciones de químicos. Además, se establecieron tratamientos de policultivos de cinco asociaciones con variaciones en los niveles de fertilización (Cuadro 8).

Cuadro 8. Resumen de los policultivos y monocultivos usados en este estudio con su respectiva simbología.EAP Zamorano, Honduras, 2010.

		Símbolo	Descripción
Monocultivos	T_1	L	Lechuga
	T_2	Y	Yuca
	T_3	H	Habichuela
	T_4	R	Rábano
	T_5	M	Maíz
	T_6	M(n)	Maíz (sin pesticida)

Policultivos	T_7	MH	Maíz + habichuela
	T_8	MH(n)	Maíz + habichuela (sin pesticida)
	T_9	YRL	Yuca + rábano + lechuga
	T_{10}	YMRL	Maíz + yuca + rábano + lechuga
	T_{11}	YHLR	Yuca + lechuga + habichuela + rábano
	T_{12}	Pol	Yuca + habichuela + maíz dulce, rábano + lechuga
	T_{13}	Pol(n)	Yuca + habichuela + maíz dulce, rábano + lechuga (sin pesticida)
	T_{14}	Pol 50%	Yuca + habichuela + maíz dulce, rábano + lechuga con 50% de fertilización de la dosis calculada
	T_{15}	Pol 75%	Yuca + habichuela + maíz dulce, rábano + lechuga con 75% de fertilización de la dosis calculada
	T_{16}	Pol 125%	Yuca + habichuela + maíz dulce, rábano + lechuga con 125% de fertilización de la dosis calculada

Cada unidad experimental (U.E.) consistió de una parcela de cuatro camas de 6×6 m^2, distribuidas en un diseño completamente al azar. El número total de unidades experimentales fue de 64 parcelas separadas 1 m entre sí, para un área total de estudio de 0.29 ha. La randomización y distribución espacial de las U.E. se presentan en los Anexos 23 y 24.

3.1.3 Establecimiento de la plantación

Preparación del terreno: El terreno fue preparado con un mes de anticipación a la siembra y consistió en limpieza del terreno, subsolado, pase de rastra liviana, rastra pesada y acamado a 1.5 m entre camas. Las camas tuvieron 0.9 m de ancho y se instalaron dos cintas de goteo por cama.

Siembra de los cultivos: Se sembraron las plántulas de lechuga 21 días y de maíz 12 días antes del trasplante, en la sección de Propagación Vegetal de Ornamentales de Zamorano. Las estacas de yuca y las semillas de habichuela y rábano se hicieron a través de siembra directa, con una resiembra y retrasplante a ocho días después de establecido el cultivo. Todas las unidades experimentales recibieron el mismo manejo respecto a preparación del terreno, desmalezado y riego según las prácticas típicas del cultivo.

Densidad de plantas: Se varió las densidades de siembra dependiendo de los tratamientos: para monocultivos, se usaron las densidades de producción común y para policultivos la densidad de semilla y plántulas varió de tal forma que aprovecharan el máximo de espacio disponible en cada parcela (Cuadro 9). Se utilizó una variedad particular de cada uno de los cultivos usados en el estudio (Cuadro 10).

Cuadro 9. Densidades de siembra para los tratamientos y testigos de los cultivos utilizados en este estudio con sus respectivas distancias entre plantas y surcos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Tratamiento (Ver texto)	Sistema	Cultivo(s)	Densidad	Plantas/ha	Distancia/ plantas (m)	Distancia/ surcos (m)	Surcos/cama
T_1	Monocultivo	Lechuga	100	221,278	0.3	0.25	4
T_2	Monocultivo	Yuca	100	41,500	0.4	1.5	1
T_3	Monocultivo	Habichuela	100	100,000	0.15	0.5	2
T_4	Monocultivo	Rábano	100	1328,000	0.05	0.25	4
T_5 y T_6	Monocultivo (con y sin pesticida)	Maíz	100	60,000	0.3	0.8	2
T_7 y T_8	Policultivo (con y sin pesticida)	Maíz	100	60,000	0.3	0.8	2
		Habichuela	100	100,000	0.15	0.5	2
T_9	Policultivo	Yuca	33	13,778	1.2	1.5	1
		Lechuga	100	110,224	0.3	0.45	2
		Rábano	50	664,000	0.1	0.45	2
T_{10}	Policultivo	Yuca	33	13,778	1.2	1.5	1
		Lechuga	100	110,224	0.3	0.45	2
		Rábano	50	664,000	0.1	0.45	2
		Maíz	100	60,000	0.3	0.8	2
T_{11}	Policultivo	Yuca	33	13,778	1.2	1.5 0.45	1
		Lechuga	100	110,224	0.3		2
		Habichuela	100	100,000	0.13	0.5	2
		Rábano	50	664,000	0.1	0.45	2

T_{12}, T_{13}, T_{14}, T_{15} y T_{16}	Policultivo con 50%, 75%, 100%, 125% y sin pesticida	Maíz	100	60,000	0.3	0.8	2
		Yuca	33	13,778	1.2	1.5	1
		Habichuela	100	100,000	0.15	0.25	2
		Lechuga	100	110,224	0.3	0.55	2
		Rábano	50	664,000	0.1	0.7	2

Fuente: Ruiz y Pérez (2010).

Cuadro 10. Variedades de cada cultivo usadas en el presente estudio. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Nombre Científico	**Nombre Común**	**Variedad**
Zea mays	Maíz	Sweet Valley
Lactuca sativa	Lechuga	Maximus
Phaseolus vulgaris	Habichuela	Opus
Manihot esculenta	Yuca	Valencia
Raphanus sativus	Rábano	Crimson Giant

Fertilización: Se realizaron aplicaciones de urea, MAP, KNO_3 y abono orgánico según los requerimientos de cada cultivo, las densidades de siembra y los nutrientes presentes en el suelo (obtenidos con un análisis de suelos del área en estudio). Las aplicaciones de fertilizante sintético se realizaron cada quince días a partir del trasplante y una fertilización de abono orgánico 10 días antes del trasplante. Para la dosis de fertilización en policultivos se multiplicó la dosis típica de cada monocultivo por la densidad del cultivo sembrado (Anexos 1 y 2).

Control de malezas: Se realizaron dos desmalezados: a los siete y 14 días después del trasplante, para permitir el desarrollo inicial del cultivo.

Cosecha: Se cosechó el rábano y la habichuela a 30 y 55 días después de la siembra, respectivamente. La lechuga se cosechó a 40 días después del trasplante porestudiantes de la sección de Olericultura de Zamorano.

3.1.4 Método de muestreo de poblaciones de insectos

Se establecieron cuatro estaciones de muestreo en cada unidad experimental, tres estaciones estuvieron distribuidas al azar dentro de la parcela más una estación central, con trampas de caída, que consistieron en vasos plásticos con ¾ de agua y enterrados de tal forma que el borde quede al ras del suelo. Cada parcela tuvo diferente distribución de estaciones al azar en tiempo y espacio (Figura 2). Se contó con 192 estaciones al azar más 64 estaciones centrales con los que se realizaron cuatro muestreos a 10, 24, 40 y 58 días después del trasplante, para conocer la evolución de las poblaciones de insectos a lo largo del desarrollo fenológico de los cultivos.

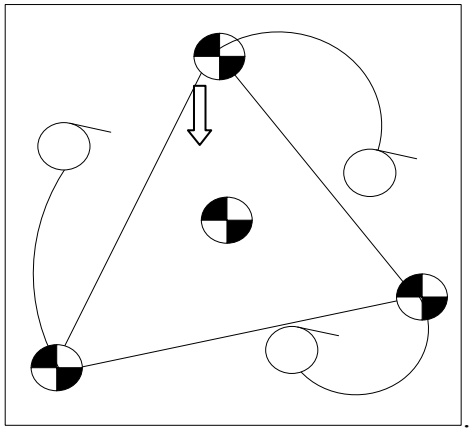


Figura 2. Distribución de estaciones de muestreo dentro de cada unidad experimental. EAP Zamorano, Honduras, 2010.
= estación de muestreo parcela 1, muestreo 1; =nueva posición de la estación de muestreo, muestreo 2.

Se usaron los canales entre camas para recorrer las parcelas y no perturbar el follaje donde se encuentran los cultivos con los insectos. En las cuatro estaciones se contaron tanto los insectos voladores capturados con redes entomológicas como aquellos insectos que se pudieron detectar visualmente en el momento del muestreo. La red entomológica se movió de tal forma que se forme un "8" en el aire, a una altura de 1 m sobre las camas.

Se recolectaron algunas muestras de insectos en un frasco plástico para ser reconocidas con La Guía de Estudio de Ordenes de Insectos de Centroamérica de Andrews y Caballero (1995). Además se documentó con fotografías las especies de insectos encontradas y con difícil identificación. Tanto las fotografías como lagunas de las muestras, fueron llevadas al especialista en taxonomía de insectos de Zamorano, Dr. Oliver Schlein.

Se identificó el orden, la familia y la especie de las muestras de insectos recolectadas y fotografiadas y se agruparon en categorías (Cuadro 11) para realizar los análisis estadísticos y de biodiversidad. La diferenciación entre insectos o individuos benéficos y plagas, se realizó revisando literatura referente al tema: Capinera (2001), Andrews y Caballero (1995) y Altieri y Nicholls (2004). Además en el análisis se incluyeron a los renacuajos y conejos observados durante los muestreos, por su influencia en las poblaciones de insectos y en los niveles de defoliación de lechuga.

Cuadro 11. Agrupaciones de insectos realizadas para el análisis estadístico. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Organismos Benéficos		**Organismos Plaga**	
Categoría Creada	**Categoría Taxonómica**	**Categoría Creada**	**Categoría Taxonómica**
Diptera	Orden: Diptera	Lepidoptera	Orden: Lepidoptera
Hymenoptera	Orden: Hymenoptera (menos Formicidae)	Chrysomelidae	Familia: Chrysomelidae
Arañas	Orden: Araneae	Orthoptera	Orden: Orthoptera
Hormigas	Familia: Formicidae (menos género *Atta* spp.)	Hemiptera	Orden: Hemiptera
Otros benéficos	CLASES: Amphibia, Diplopoda. ÓRDENES: Dermáptera, Neuróptera, Odonata FAMILIAS: Reduviidae, Delphidae, Coccinelidae, Carabidae, Lamprydae	Otras plagas	ÓRDENES: Lagomorpha, Phasmotedea, FAMILIA: Blattodea, Anthomyiidae, Lonchaeidae, Tenebionidae. GÉNERO: *Atta* spp.

3.1.5 Análisis Estadísticos:

Las agrupaciones de insectos se analizaron con el paquete estadístico "Statistical Package for the Social Sciences" (SPSS), con el que se calculó las medias de poblaciones de insectos benéficos e insectos plaga por grupo (Cuadro 11) para cada unidad experimental. Estas medias se compararon con un ANDEVA por tratamiento para cada etapa fenológica de los cultivos, con un nivel de diferencia para $\acute{\alpha} \leq 0.05$. Los análisis *a posteriori* se realizaron mediante el método Tukey de separación de medias.

Para analizar la diversidad de especímenes, se calculó el índice de Shannon - Weaver por familia (Ecuación 2) para cada tratamiento y el mismo índice por familia, para individuos benéficos y plagas por tratamiento, para comparar la diversidad de ambos grupos. Además se obtuvo la frecuencia de especies, en porcentaje, respecto al total de especies de todas las parcelas en un muestreo (Ecuación 3) y la variación en tiempo de las poblaciones de los grupos Crysomelidae, Diptera y arañas, por su persistencia a lo largo de los cuatro muestreos y por representar a los grupos benéficos y plaga.

$$H' = \sum_{i=1}^{n} \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \qquad [2]$$

H´= índice de Shannon – Weaver para un tratamiento.
n_i = número de individuos de la familia *i* en un tratamiento.
N = número de todos los individuos de todas las especies en un tratamiento.

$$\% \, spp = \frac{n_{spp}}{N_{spp}} \times 100 \qquad [3]$$

% spp = frecuencia relativa de especies en un tratamiento.
n_{spp} = número de especies de un tratamiento.
N_{spp} = número total de especies de todos los tratamientos en un muestreo.

3.1.6 Proporción organismos benéficos - plagas

Se calculó la proporción de individuos benéficos respecto al número total de insectos plaga por tratamiento (Ecuación 4). Con esto se pudo observar que tratamientos tuvieron más individuos benéficos que plagas. La relación se expresó como número de individuos benéficos por cada individuo plaga (N_{BEN} :1).

$$P_{B/PL} = \frac{N_{BEN}}{N_{PLAG}} \qquad [4]$$

$P_{B/PL}$ = Proporción de individuos benéficos respecto a individuos plaga.
N_{BEN} = total de individuos benéficos en un tratamiento.
N_{PLAG} = total de individuos plaga en un tratamiento.

3.2 CÁLCULO DEL ÁREA FOLIAR Y PORCENTAJE DE DEFOLIACIÓN.

Se tomaron 23 muestras de hojas de habichuela (11 de policultivo y 12 de monocultivo) provenientes de las zonas más cercanas a al suelo durante el tercer muestreo (40 DDT), considerando que estas hojas ya se han desarrollado al máximo y la planta ha alcanzado un desarrollo fenológico considerable. Además se seleccionó tomar las muestras de hojas a 40 días por que el resto de cultivos a los que se asoció la habichuela también se han desarrollado considerablemente. Las muestras fueron colocadas en papel periódico durante 5 días para preservarlas y realizar la modelación con mayor facilidad.

Se usó el concepto de interpolación polinómica matricial para obtener ecuaciones que representen la forma de las hojas de habichuela. Para ello, se colocaron las muestras en hojas con cuadros de 0.5 x 0.5 cm y se dibujaron ejes X e Y tomando como unidad cada 0.5 cm. A continuación se ubicó la base de la hoja (sin peciolo) en el origen de coordenadas y la nervadura principal a lo largo del eje X y se trazó con lápiz un esquema de la forma y tamaño de la muestra. Se dividió en cinco parte iguales la longitud ápice – base y con éstos números como abscisas, se obtuvieron las coordenadas de los puntos que coincidían con el esquema de la hoja dibujado. A continuación se usó la Ecuación [5] tomando como base las coordenadas obtenidas:

$$A = X^{-1} \times Y \qquad [5]$$

donde A es la matriz de coeficientes de la matriz polinómica de sexto grado, X^{-1} es la matriz inversa de los valores X de las coordenadas obtenidas del eje dibujado en la hoja cuadriculada y Y es la matriz de valores de Y de las coordenadas obtenidas en el esquema, (Ecuación 6).

$$X = \begin{pmatrix} {x_1}^6 & {x_1}^5 & {x_1}^4 & {x_1}^3 & {x_1}^2 & x_1 \\ {x_2}^6 & {x_2}^5 & {x_2}^4 & {x_2}^3 & {x_2}^2 & x_2 \\ {x_3}^6 & {x_3}^5 & {x_3}^4 & {x_3}^3 & {x_3}^2 & x_3 \\ {x_4}^6 & {x_4}^5 & {x_4}^4 & {x_4}^3 & {x_4}^2 & x_4 \\ {x_5}^6 & {x_5}^5 & {x_5}^4 & {x_5}^3 & {x_5}^2 & x_5 \\ {x_6}^6 & {x_6}^5 & {x_6}^4 & {x_6}^3 & {x_6}^2 & x_6 \end{pmatrix} \quad Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \end{pmatrix} \quad A = \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \\ e \\ f \end{pmatrix} \qquad [6]$$

Luego de obtenida la matriz A de coeficientes, se representó la ecuación general de sexto grado (Ecuación 7).

$$y = ax^6 + ab + cx^4 + dx^3 + ex^3 + fx^1 \qquad [7]$$

Con la ecuación que representaba a la forma y tamaño de la hoja, se integró la misma para obtener el área bajo la curva desde 0 hasta la longitud máxima del ápice (Ecuación 8):

$$\int_0^{ápice} y = (ax^6 + ab + cx^4 + dx^3 + ex^3 + fx^1)dx \qquad [8]$$

Este proceso se repitió dos veces para los bordes superior e inferior respecto a la nervadura principal, siendo el área foliar, en cuadrados de 0.25 cm^2, la suma de ambas áreas. Se obtuvo el área foliar en cm^2 multiplicando el valor obtenido por 0.25. El área defoliada se estimó colocando la hoja sobre el papel cuadriculado y contando los cuadros de 0.25 cm^2 que se encontraban en la zona defoliada. Se unieron cuadros incompletos para contabilizarlos como uno. Se usó el programa Microsoft Excel para realizar los cálculos de matrices e integraciones y con el programa SPSS se obtuvo un ANDEVA con $\acute{\alpha} \leq 0.05$ para las áreas foliares y áreas defoliadas en policultivos y monocultivos de habichuela (Figura 3).

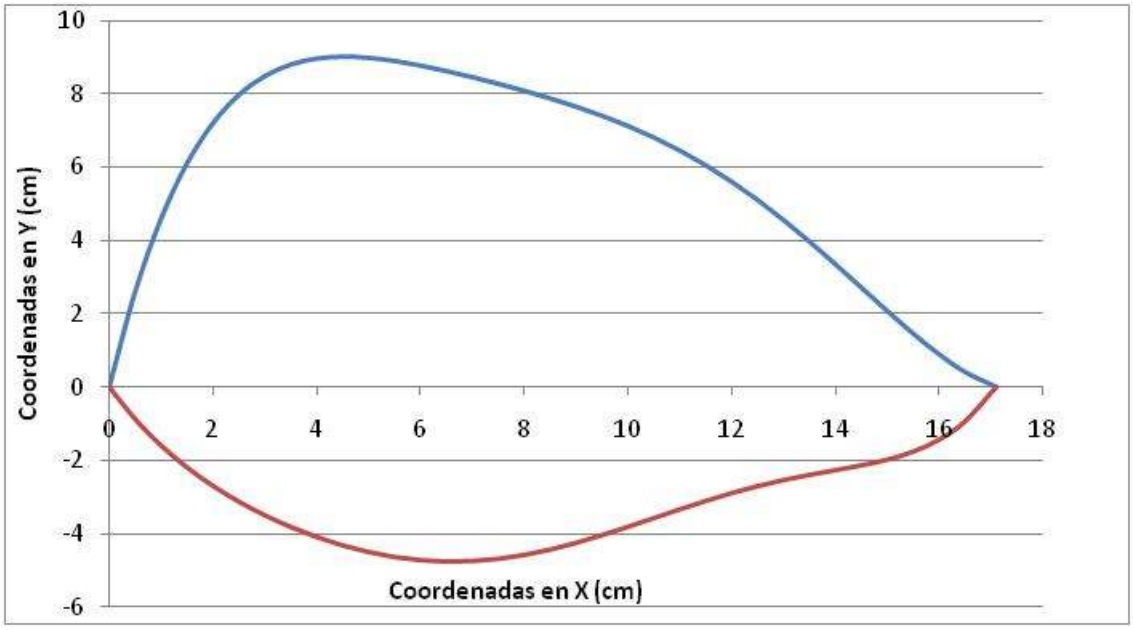


Figura 3. Forma de una de las hojas de habichuela modelada con interpolación polinómica (Escala 1.2:1).

3.3 CÁLCULO DE INSECTOS – DÍA (I_D):

El número de insectos – día es el promedio de individuos observados en un periodo de tiempo y ponderado para el número de días entre cada muestreo (Rueda 2010). Este número estima la cantidad de individuos en cada tratamiento, como si se hubiese muestreado todos los días y permite hacer un análisis temporal de los tratamientos. Se obtuvo el número de arañas – día ($araña_d$), crisomélidos – día ($crisomélidos_d$) y dípteros – día ($díptero_d$). El cálculo de este valor se realizó con la Ecuación 9.

$$I_D = \frac{(n_1 + n_2) \times (d_2 - d_1) + (n_3 + n_2) \times (d_3 - d_2) + (n_4 + n_3) \times (d_4 - d_3)}{2 \times (d_4 - d_1)}$$

[9]

donde n_1, n_2, n_3, n_4 = número de insectos en el muestreo uno, dos, tres y cuatro respectivamente y d_1, d_2, d_3, d_4= días en los que se muestreo, que corresponden a 10, 24, 40 y 58 DDT

3.4 CORRELACIÓN ENTRE NIVELES DE FERTILIZACIÓN Y H´

Se calculó H´ para las cuatro repeticiones de policultivos con variación en los niveles de fertilización y se obtuvo el promedio en cada uno de los muestreos. Con la opción XY dispersión del programa Microsoft Excel, se graficaron los promedio de H´ para cada nivel de fertilización y se obtuvieron las ecuaciones que correlacionaban estos dos parámetros con sus respectivos fuerzas de relación (R^2). Para estimar la similitud de las correlaciones, se calcularon las puntuaciones t_r con dos grados de libertad (n–2), (Ecuación 10) y se compararon con la puntuación $t_{\acute{a}}$ =4.303 al 95% de confianza para dos grados de libertad. Los valores minimizadores y maximizadores de fertilización se calcularon derivando las ecuaciones obtenidas en las gráficas e igualándolas para cero.

$$t_r = R \times \sqrt{\frac{n-2}{1-R^2}} \quad [10]$$

.

4. RESULTADOS

4.1 ÓRDENES Y FAMILIAS DE INSECTOS ENCONTRADOS

Durante el estudio se contabilizaron 4,573 individuos, distribuidos en 59 familias y 13 órdenes de invertebrados y dos clases y dos órdenes de vertebrados (Anexos 3 y 4). Las familias más numerosas durante los cuatro muestreos fueron Araneidae (Araneae); Dolichopodidae, Tachinidae y Syrphidae (Diptera); Formicidae (Hymenoptera) y Chrysomelidae (Coleoptera). Ésta última fue el único grupo de insectos plaga persistente durante el estudio.

4.2 FRECUENCIA DE GRUPOS DE INSECTOS POR TRATAMIENTO

4.2.1 Muestreo 1: 10 DDT[1]

4.2.1.1 Descripción general del cultivo. Poco follaje e incidencia de malezas, las semillas de habichuela y rábano comienzan a germinar, las yemas de las estacas de yuca empiezan a brotar, las plántulas de maíz apenas tienen entre 20 y 30 cm.

4.2.1.2 Frecuencia de insectos benéficos. Las mayores poblaciones promedio de arañas, se encontraron en la asociación de MH ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{MH}}$=4.50), en el tratamiento YMLR ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{YMLR}}$=5.00) y en el policultivo con 100% de fertilización ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol}}$=5.25). Para Hymenoptera y Diptera los mejores tratamientos fueron los policultivo con 75% ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol\ 75\%}}$=2.25) y 125% ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol\ 125\%}}$=3.25) de fertilización, mientras que para hormigas los tratamientos sin pesticida fueron los que alojaron un mayor número de individuos promedio ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{M\ (n)}}$=10.00, $\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol\ (n)}}$=9.75). La asociación MH sin pesticida y el policultivo con 75% de fertilización obtuvieron altas densidades de otros organismos benéficos ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{MH\ (n)}}$=3.50, $\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol\ 75\%}}$=4.00). Los tratamientos que menos favorecieron para la frecuencia de organismos benéficos fueron los monocultivos de habichuela y el policultivo de YLR ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{H}}$=0.75). A excepción del rábano ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{R}}$=0.25), los monocultivos no alojaron ningún individuo de Hymenoptera (Figura 4).

[1] DDT= Días después del transplante.

Solo el grupo Hymenoptera (F=3.56; g.l.=63; p=0.008) fue diferente entre el policultivo con 125% de fertilización y los monocultivos (Anexo 5).

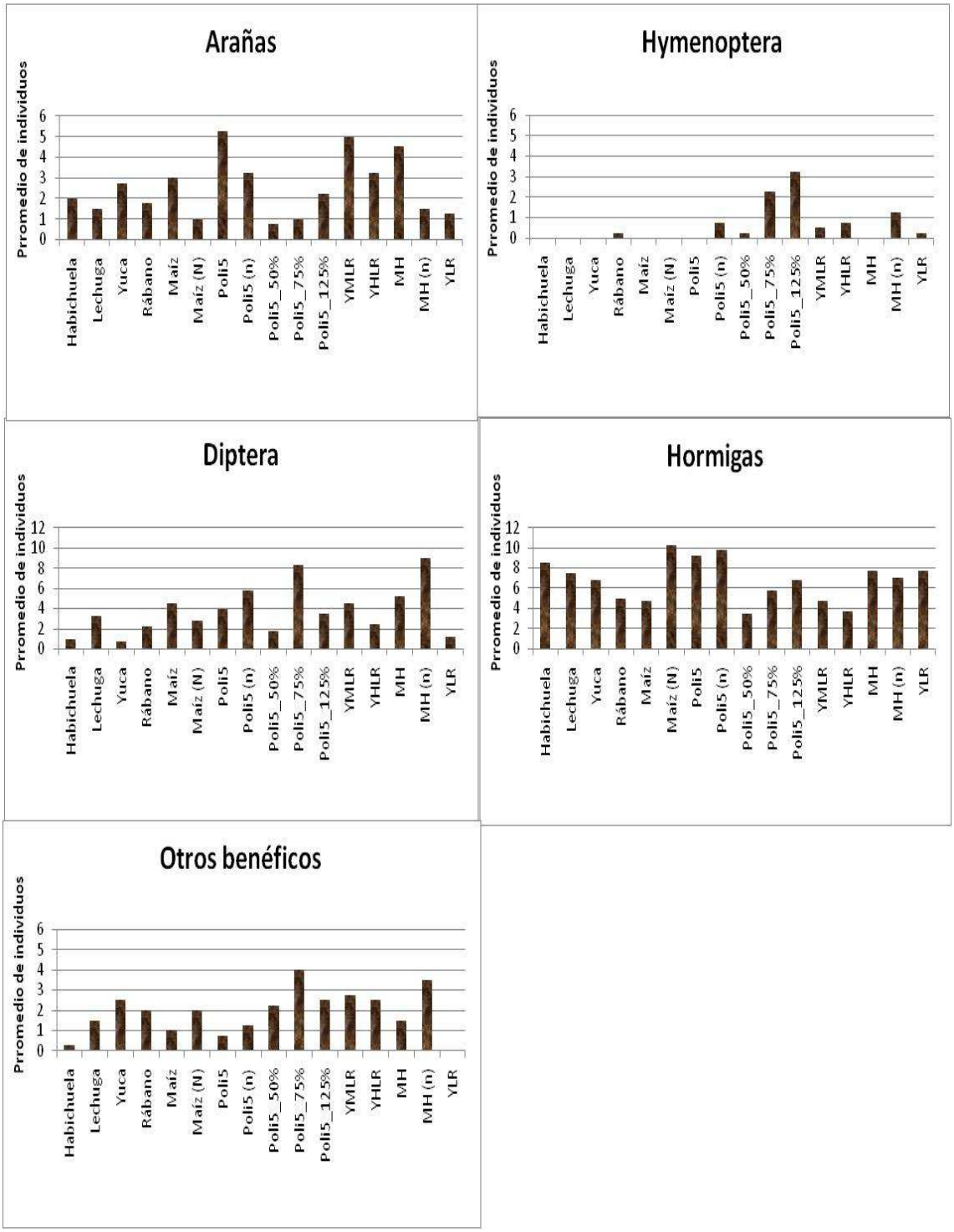


Figura 4. Promedios de individuos por grupos de insectos benéficos en cada tratamiento a 10 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

4.2.1.3 Frecuencia de insectos plaga. Se calculó un mayor número promedio de individuos de los grupos Chrysomelidae ($\overline{X}_{Pol\ 75\%}$=11.25), Hemiptera ($\overline{X}_{Pol\ (n)}$=2.25), Lepidoptera ($\overline{X}_{Pol\ 75\%}$=1.25) y Orthoptera ($\overline{X}_{Pol}$=1.25) en los tratamientos con asociaciones de cinco cultivos y con variaciones en los niveles de fertilización. Los cinco monocultivos alojaron bajas poblaciones de insectos plagas, a excepción de la habichuela que tuvo poblaciones similares de Chrysomelidae ($\overline{X}_{H}$=5.75) y Lepidoptera que en los tratamientos de policultivo sin pesticida.

Se observó un mayor número promedio de individuos de Lepidoptera ($\overline{X}_{MH\ (n)}$=0.75) en el tratamiento de MH sin pesticida que en el tratamiento MH con pesticidas, en el cual no se registraron individuos. Además se observó la mitad de Hemiptera ($\overline{X}_{Pol}$ =1.00) en el policultivo con pesticida que en el tratamiento análogo sin pesticida ($\overline{X}_{Pol\ (n)}$=2.25). Los tratamientos de policultivos con variaciones de los niveles de fertilización no presentaron individuos de Orthoptera a diferencia del policultivo con 100% de fertilización, que sí hospedó poblaciones de este grupo ($\overline{X}_{Pol}$ =1.25, Figura 5).

En general se observó una tendencia de incremento de insectos plaga conforme aumentaba el número de asociaciones en el mismo lugar (Figura 5). Solo Chrysomelidae fue diferente (F= 2.39; g.l.=63; p=0.010) entre los policultivos con 75% de fertilización y yuca, rábano, maíz sin pesticida y YLR (Anexo 6).

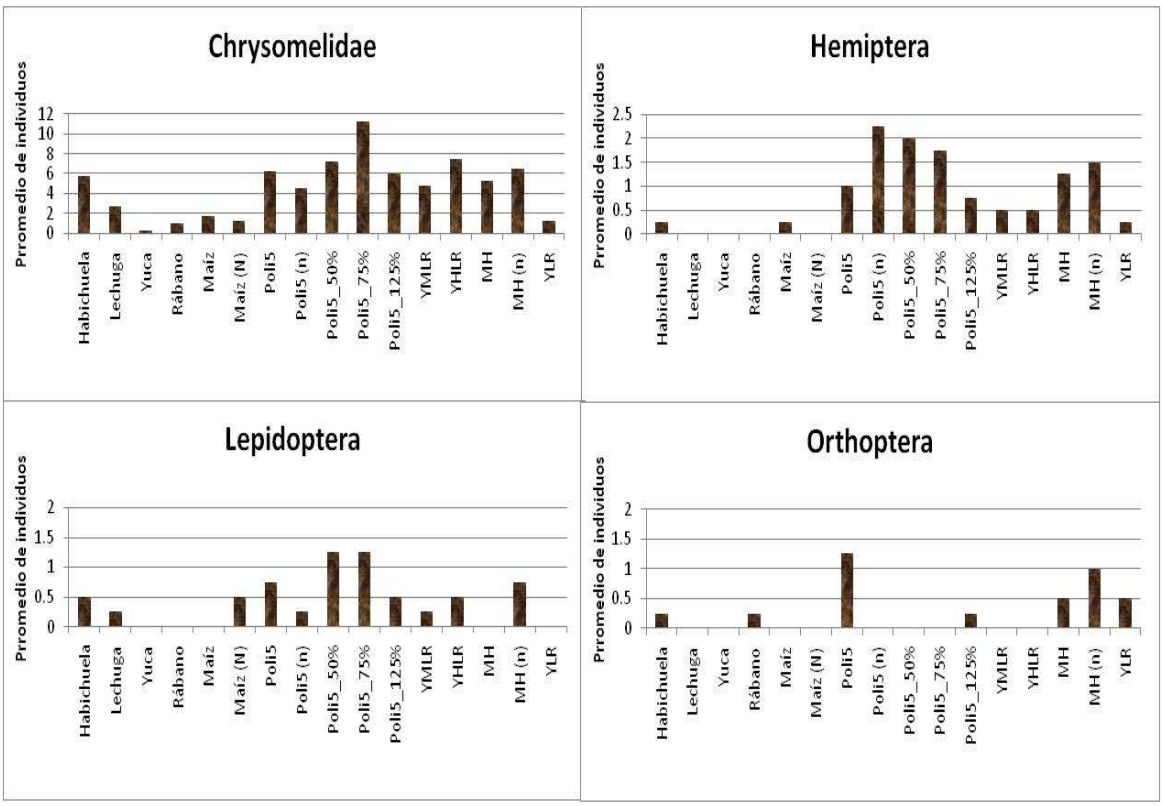


Figura 5. Promedios de individuos por grupos de insectos plaga en cada tratamiento a 10 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

4.2.2 Muestreo 2: 24 DDT

4.2.2.1 Descripción general del cultivo. El maíz tuvo una altura de entre 100 y 150 cm, hubo entre cuatro y cinco ramas por brote. La habichuela tuvo de 5 a 7 hojas, el rábano ya poseyó hojas maduras y el tallo ya había comenzado a engrosar, casi listo para ser cosechado. La lechuga tuvo un diámetro aproximado de 25 cm y una altura de 20 cm.

4.2.2.2 Frecuencia de organismos benéficos. Los tratamientos sin pesticida resultaron en mayores poblaciones promedio de arañas ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{M\ (n)}}$=1.75)), Hymenoptera ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{M\ (n)}}$=1.75), Diptera ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{M\ (n)}}$=1.75), hormigas ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{MH\ (n)}}$=8.50) y otros insectos benéficos ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol\ (n)}}$=4.75) en comparación con los tratamientos a los que se les aplicó el pesticida. En el tratamiento de maíz con pesticida no se encontraron individuos de arañas e Hymenoptera a diferencia de las parcelas de policultivos con pesticidas, donde sí se encontraron individuos, aunque en poblaciones bajas ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol}}$=2.00).

Hubo una tendencia mayor de agrupar a individuos Diptera y otros insectos benéficos en los policultivos que en los monocultivos a excepción del maíz, en el cual hubo poblaciones similares de Diptera ($\overline{X}_{\mathrm{Pol\ 125\%}}$=7.50, $\overline{X}_{\mathrm{M}}$=5.50). El grupo de hormigas, fue más numeroso en los monocultivos de yuca y maíz y en el policultivo con 75% de fertilización (Figura 6). No se determinó ningún grupo diferente de organismos benéficos.

4.2.2.3 Frecuencia de organismos plaga. La tendencia general observada fue de encontrar mayores poblaciones de insectos plaga en policultivos que en monocultivos. Chrysomelidae fue más abundante en los policultivos sin pesticida y con 75% de fertilización ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol\ (n)}}$=8.50, $\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol\ 75\%}}$=8.75) y su población disminuyó en los policultivos con cuatro asociaciones ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{YMLR}}$=4.50, $\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{YHLR}}$=4.25). Hemiptera tuvo un mayor número de individuos promedio en los policultivos sin pesticidas y en el monocultivo de habichuela ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol\ (n)}}$=$\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{H}}$=4.50). Además se pudo observar un incremento poblacional del grupo Hemiptera respecto a la cantidad de fertilización usada.

Los tratamientos con pesticidas resultaron en mayores poblaciones de Lepidoptera que en los tratamientos sin pesticida. Orthoptera tuvo presencia solo en las asociaciones de cinco cultivos y en el monocultivo de lechuga (Figura 7). Solo Chrysomelidae fue diferente (F=2.46; g.l.=63; p=0.009) entre el monocultivo de yuca y los policultivos naturales y con 75% de fertilización (Anexo 7).

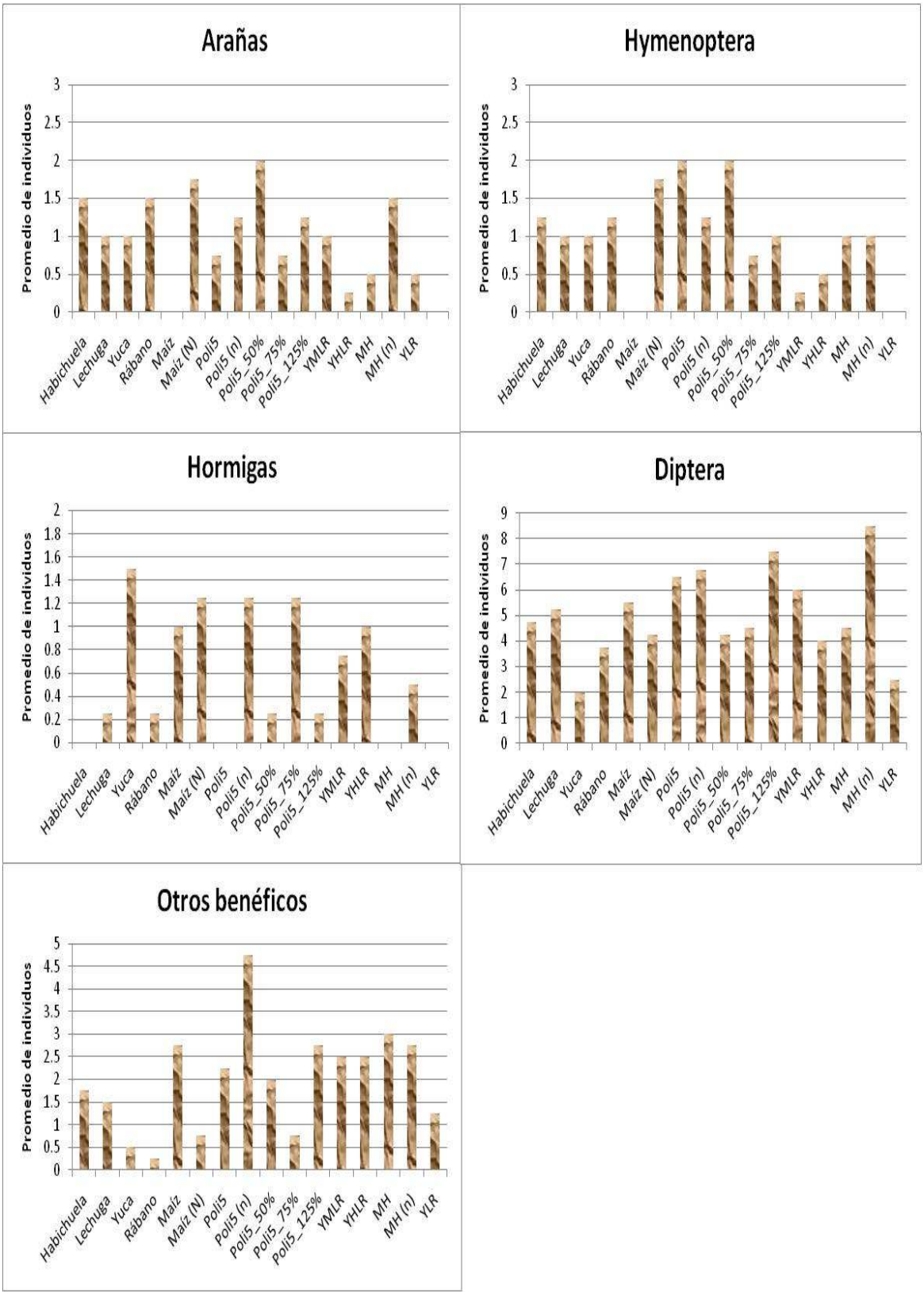


Figura 6. Promedios de individuos por grupos de insectos benéficos en cada tratamiento a 24 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

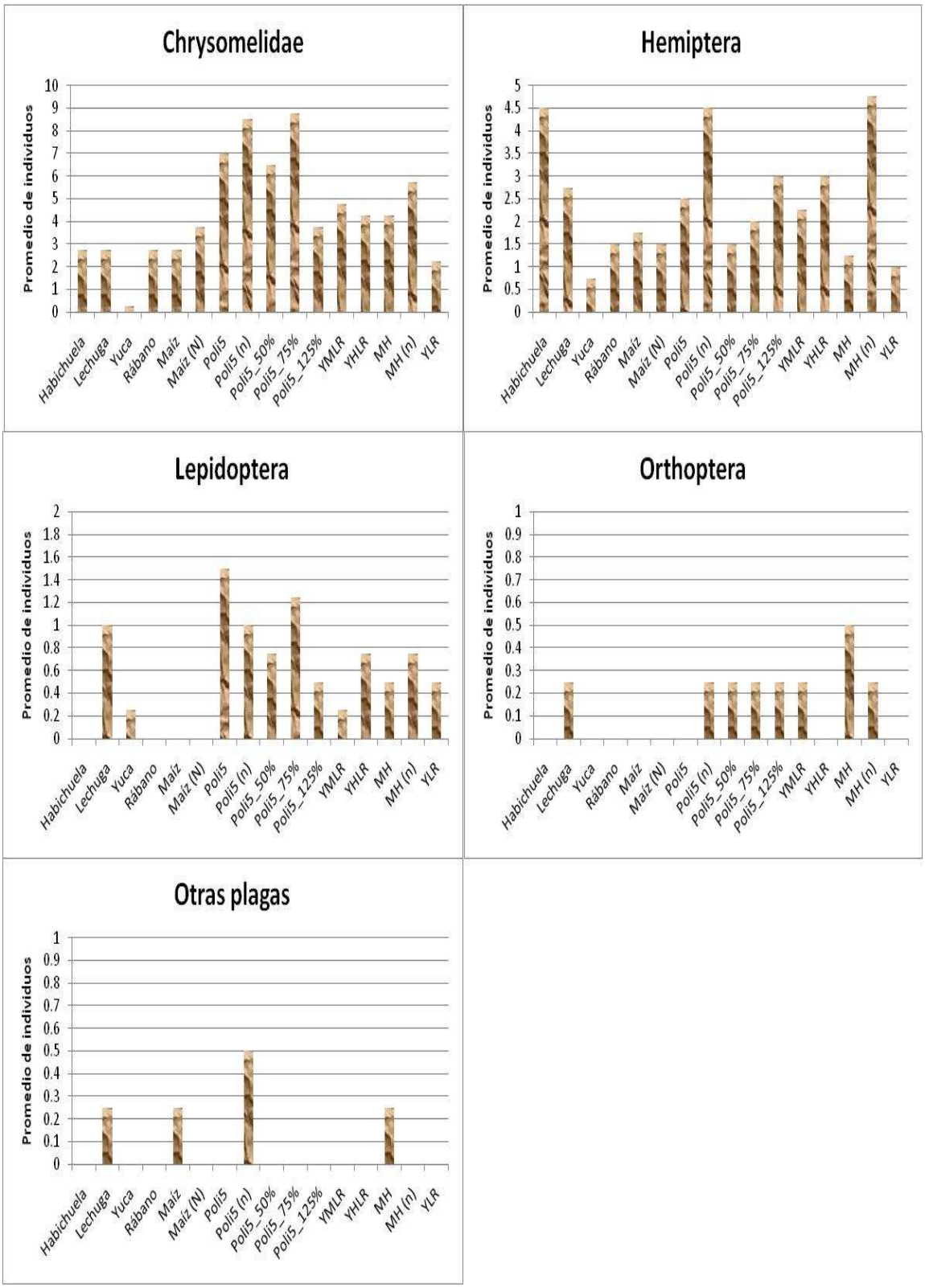


Figura 7. Promedios de individuos por grupos de organismos plaga en cada tratamiento a 24 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

4.2.3 Muestreo 3: 40 DDT

4.2.3.1 Descripción general del cultivo. El maíz comenzó a desarrollar la flor estaminada en la punta de la planta y tenía una altura entre 160 y 170 cm. La lechuga se cosechó con 25 cm de diámetro aproximadamente, mientras que en la yuca comenzaron a aparecer racimos de tallos con una longitud aproximada de 15 cm y hojas de 10 cm de anchoPara esta etapa, el rábano ya se había cosechado en todos los tratamientos y las habichuelas comenzaban a florear y algunas a producir vainas poco desarrolladas. Debido a la intensa pluviosidad durante el estudio, el terreno se encontraba anegado en una parte del terreno, creando charcos propicios para renacuajos de anfibios.

4.2.3.2 Frecuencia de organismos benéficos. Los tratamientos con asociaciones de cinco cultivos sin pesticida (sin rábano y lechuga), tuvieron más incidencia poblacional promedio de arañas ($\overline{X}_{\mathbf{Pol\ (n)}}$=4.75, $\overline{X}_{\mathbf{MH}}$=3.50) e Hymenoptera ($\overline{X}_{\mathbf{Pol\ (n)}}$=2.50). Las poblaciones de arañas fueron similares en los monocultivos y los policultivos. Existió una tendencia a encontrar hormigas en los tratamientos de monocultivo de yuca y el policultivo de YLR, que ahora solo tenían yuca (Figura 8). Los monocultivos con poca estratificación albergaron bajas poblaciones de Diptera, como la habichuela ($\overline{X}_{\mathbf{H}}$=0.25) yuca ($\overline{X}_{\mathbf{Y}}$=0.50), YLR y YHLR ($\overline{X}_{\mathbf{YLR}}$=0.25, $\overline{X}_{\mathbf{YHLR}}$=0.50, ambos solo con yuca y yuca frijol, respectivamente). Para otros organismos benéficos, resultó en un buen hábitat los tratamientos de policultivos con 50% de fertilización ($\overline{X}_{\mathbf{Pol\ 50\%}}$=4.00) y la asociación de maíz habichuela sin pesticida ($\overline{X}_{\mathbf{MH\ (n)}}$=5.00).

Fueron diferentes Hymenoptera (F=2.25; g.l.=55; p=0.024) y Diptera (F=2.01; g.l.=55; p=0.045) entre el monocultivo de habichuela y la asociación YLR (Anexo 8).

4.2.3.3 Frecuencia de insectos plaga

En el monocultivo de habichuela se encontró la mayor cantidad de individuos promedio de los grupos Chrysomelidae ($\overline{X}_{H}$=15.75), Hemiptera ($\overline{X}_{H}$=4.25) y otros insectos plaga ($\overline{X}_{H}$=2.50), mientras que el grupo Orthoptera fue observado con más frecuencia en los policultivos, especialmente los que no tuvieron pesticida ($\overline{X}_{MH\ (n)}$=1.00). Se encontraron pocos individuos promedio de Hemiptera en las parcelas con 50% de fertilización ($\overline{X}_{Pol\ 50\%}$=2.00) y mayor número de individuos promedio en los policultivos con 125% de fertilización ($\overline{X}_{Pol\ 125\%}$=5.00). Por el contrario Chrysomelidae, tuvo más individuos en los policultivos de 75% de fertilización ($\overline{X}_{Pol\ 75\%}$=9.75) y pocos individuos en las parcelas con monocultivo de yuca ($\overline{X}_{Y}$=1.00), YLR y YMLR ($\overline{X}_{YLR}$=0.25, $\overline{X}_{YMLR}$=1.00**,** ahora solo yuca y yuca-maíz, respectivamente).

Se encontraron más individuos de Lepidoptera en el policultivo sin pesticida que en el policultivo con pesticida. Para el grupo de otros insectos plaga, las mayores cantidades de individuos se encontraron en los tratamientos con monocultivo de habichuela y maíz y la asociación MH sin pesticida (Figura 9).

Solo Chrysomelidae (F=3.84; g.l.=55; p<0.001) tuvo diferencias significativas entre habichuelas y los monocultivos de yuca, maíz y las asociaciones YMLR, YLR y policultivo con 125% de fertilización (Anexo 9).

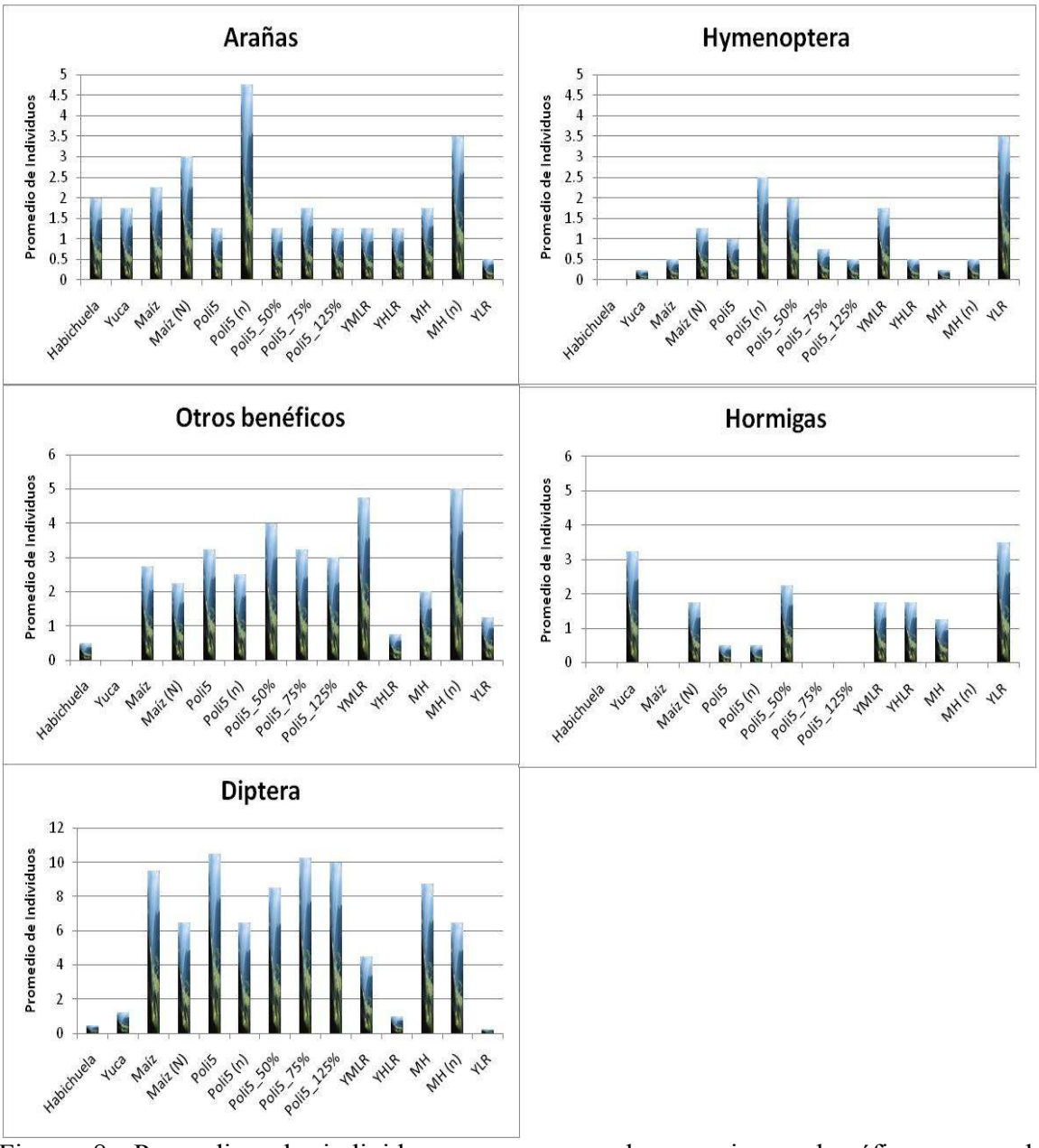


Figura 8. Promedios de individuos por grupos de organismos benéficos en cada tratamiento a 40 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

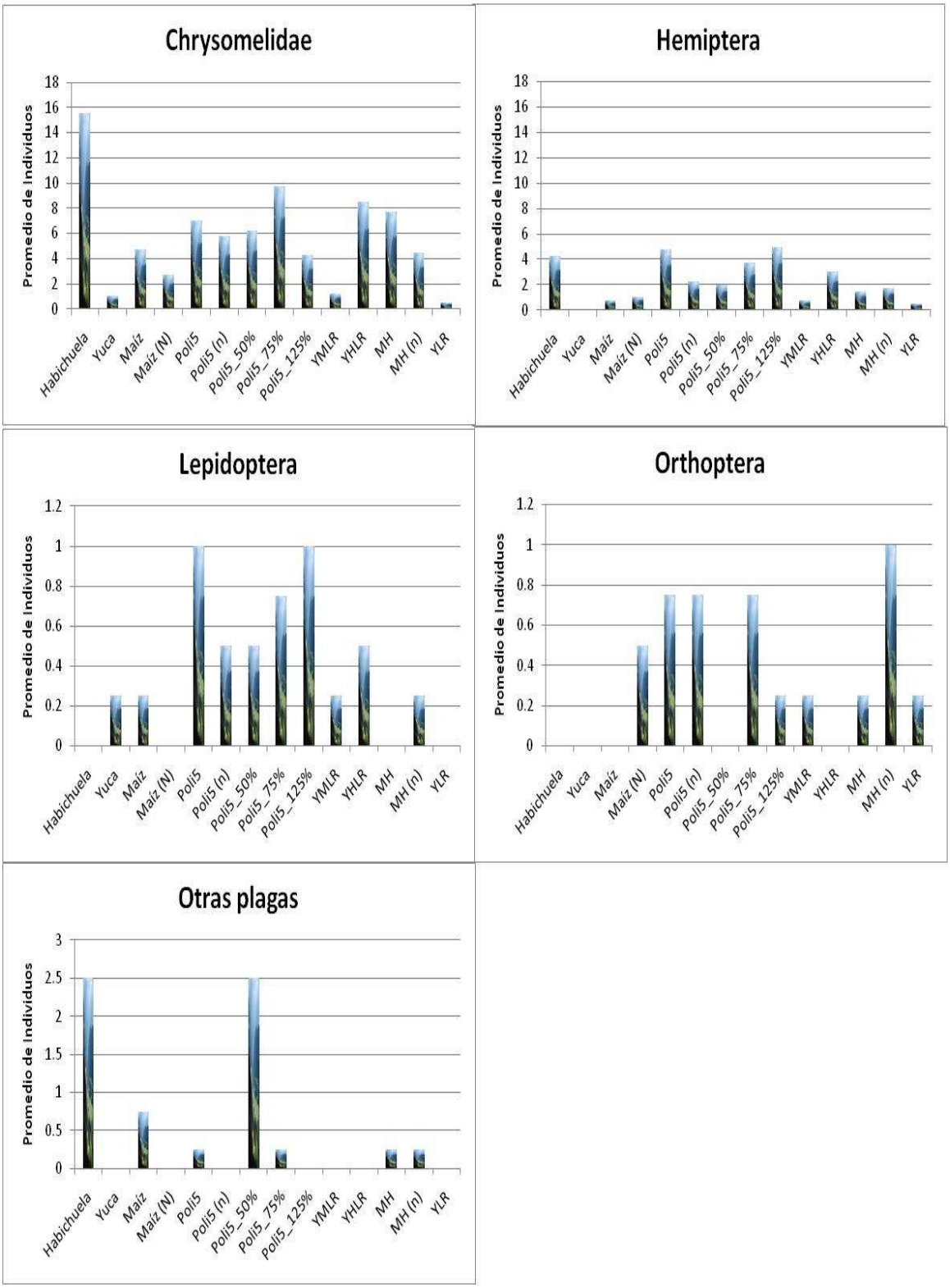


Figura 9. Promedios de individuos por grupos de insectos plagas en cada tratamiento a 40 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

4.2.4 Muestreo 4: 58 DDT

4.2.4.1 Descripción general del cultivo. El maíz ya tenía mazorcas a punto de cosechar, las flores estaminadas estaban tendiendo a secar, al igual que el follaje. Las plantas de maíz tuvieron entre 160 y 180 cm de altura, mientras que la yuca alcanzó una altura entre 40 y 50 cm con hojas de hasta 20 cm de ancho. La habichuela ya se había cosechado en su mayoría.

4.2.4.2 Frecuencia de insectos benéficos. El grupo de arañas fue ligeramente mayor en las parcelas sin pesticida ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol\ (n)}}$=1.75) que aquellas con pesticida ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol}}$=1.00), a excepción del monocultivo de maíz en el que hubo una población promedio mayor de arañas que en el tratamiento sin pesticida ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{M}}$=1.50). No hubo diferencia entre los tratamientos con diferentes niveles de fertilización, ni entre monocultivos y policultivos (Figura 10). Para Hymenoptera se observaron más individuos promedio en el policultivo que en el monocultivo, habiendo una mayor población en las asociaciones con fertilización del 125% ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol\ 125\%}}$=1.50) que en las asociaciones con 75% y 50% ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol\ 50\%}}$=1.00, $\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol\ 75\%}}$=0.75). Los tratamientos con pesticida resultaron en mayores poblaciones de este grupo ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{MH}}$=1.50) que en las parcelas sin pesticida ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{MH\ (n)}}$=1.00, Figura 10).

En el monocultivo de yuca se observaron poblaciones casi nulas de individuos de Diptera ($\overline{X}_{Y}$=$\overline{X}_{YLR}$=0.25) y hormigas al igual que el tratamiento YLR (ahora solo yuca). Ambos grupos mantuvieron poblaciones altas en las parcelas de policultivo, siendo el más beneficioso las parcelas sin pesticida ($\overline{X}_{Pol\ (n)}$=9.75 en Diptera). El grupo de otros insectos benéficos tuvo mayores poblaciones promedio en las parcelas de policultivo ($\overline{X}_{Pol\ 125\%}$=4.50) que en los monocultivos ($\overline{X}_{Y}$=1.25), a excepción del maíz con pesticida ($\overline{X}_{M}$=4.25, Figura 10). Solo el grupo Diptera (F=2.56; g.l.=51; p=0.013) tuvo diferencias entre el policultivo sin pesticidas y el monocultivo de yuca (Anexo 10).

4.2.4.3 Frecuencia de insectos plaga. Se observó un mayor número de individuos promedio del grupo Chrysomelidae en los policultivos sin pesticida ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol\ (n)}}$=$\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol\ 125\%}}$ =2.25) y los policultivos con fertilización del 125% que en los tratamientos con monocultivos. Solo el maíz sin pesticida y el tratamiento de YHLR resultaron con poblaciones nulas de Chrysomelidae (Figura 11). Los policultivos sin pesticida fueron más efectivos que los policultivos con pesticida ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{MH}}$=1.00) y con diferentes niveles de fertilización para controlar las poblaciones del grupo Hemiptera. Solo las parcelas de YLR (ahora solo yuca), tuvieron poblaciones nulas de este grupo (Figura 11). Las asociaciones de MH y los policultivo sin pesticidas presentaron un mayor número de individuos promedio de Lepidoptera ($\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{Pol\ (n)}}$=1.25, $\overline{\mathbf{X}}_{\mathbf{MH}}$=1.00). Del resto de policultivos, aquellos con variaciones de fertilización, tuvieron menos incidencia de insectos plaga que los policultivos con 100% de fertilización.

Para otros insectos plaga solo en los monocultivos de yuca ($\overline{X}_Y$=3.50), YLR ($\overline{X}_{YLR}$=4.00), YHLR ($\overline{X}_{YHLR}$=3.50), YMLR ($\overline{X}_{YMLR}$=2.50), se encontraron individuos tales como hormigas forrajeras y otros coleópteros (Figura 11). Sin embargo, se pudo observar como los monocultivos de yuca estaban defoliados en casi su totalidad, a diferencia de la yuca que había estado asociada con maíz, habichuela y rábano que tuvieron niveles de defoliación casi nulos. Ningún grupo tuvo diferencias debido a la asociación con el policultivo.

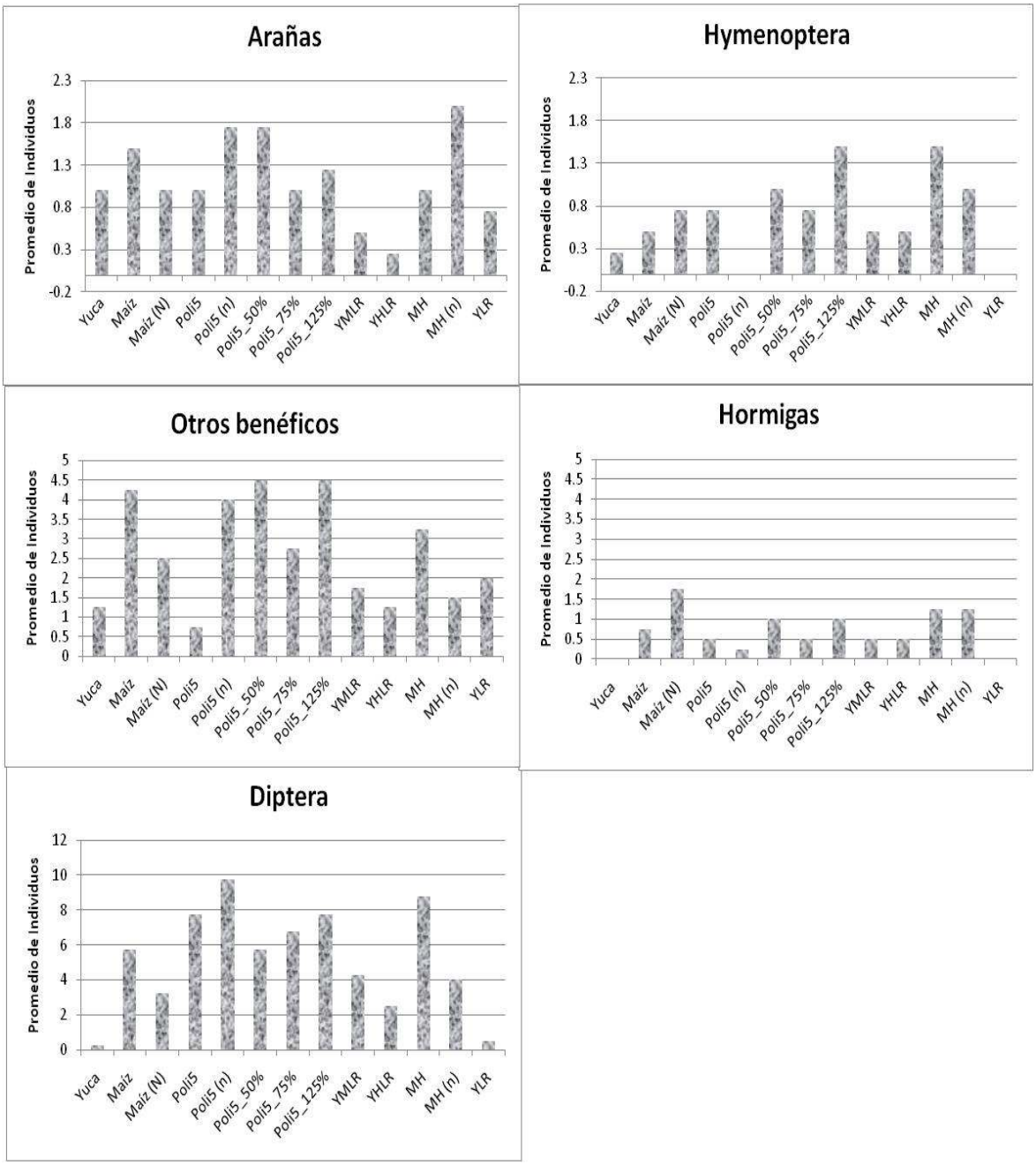


Figura 10. Promedios de individuos por grupos de insectos benéficos en cada tratamiento a 58 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

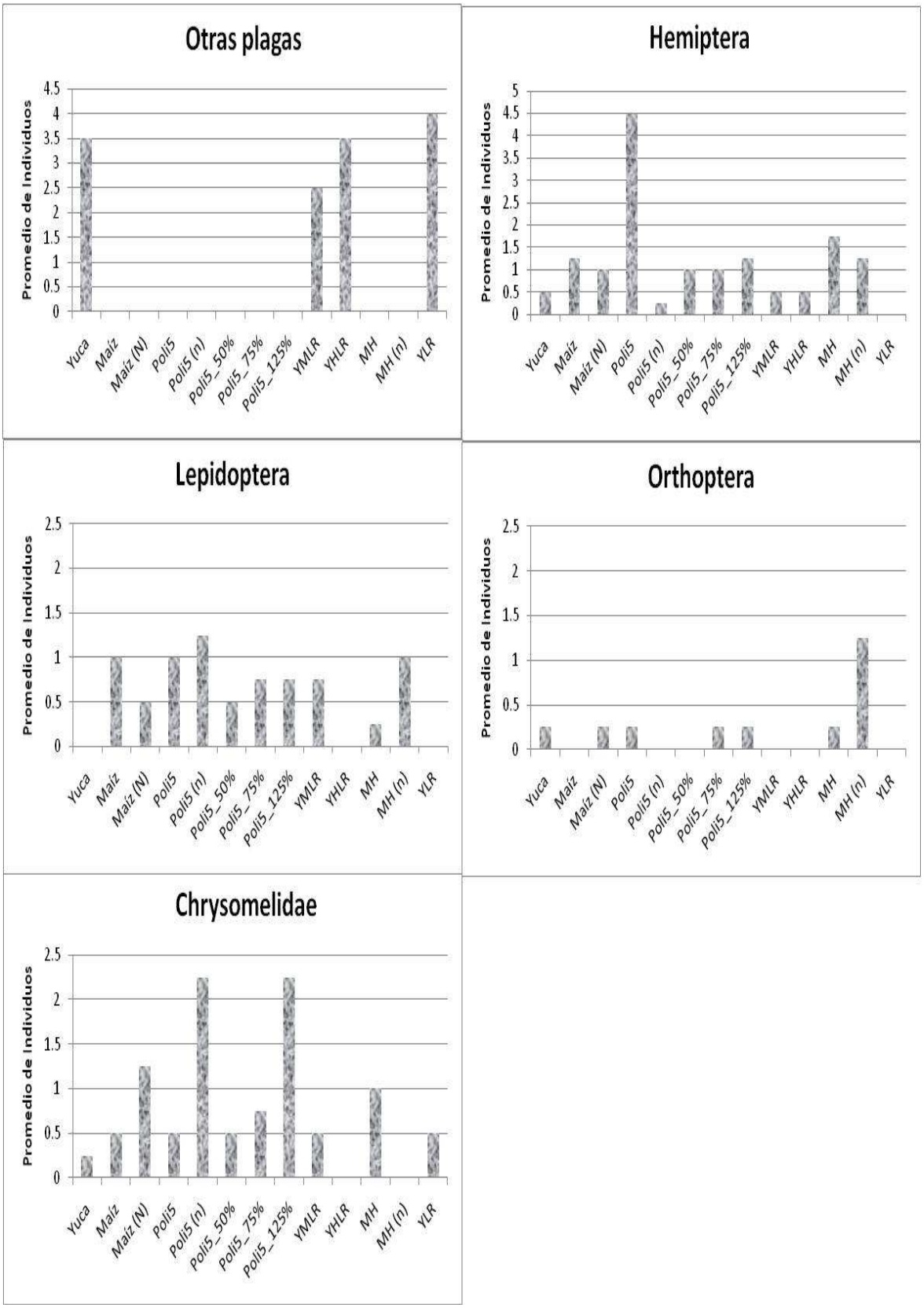


Figura 11. Promedios de individuos por grupos de insectos benéficos en cada tratamiento a 58 días del establecimiento de los cultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

4.3 BIODIVERSIDAD DE LOS TRATAMIENTOS (H´)

4.3.1 Muestreo 1: 10 DDT (H´ de toda el área de estudio = 2.56)

Los índices de diversidad variaron entre H´=2.74 para los policultivos sin pesticida y H´=1.37 para el monocultivo de yuca. Se observó que los policultivos con fertilización del 125% y 75%, 100%, maíz–habichuela y YHLR poseían diversidades similares, (H´= 2.4). Los tratamientos con valores de H´ más bajos fueron los monocultivos con poco follaje: rábano, lechuga, habichuela y el policultivo con 50 % de fertilización.

Para insectos benéficos se obtuvieron los índices más altos (H´= 1.75 a 2.06) en los tratamientos con asociaciones de maíz – habichuela, maíz sin pesticida y los policultivos con 75% y 125% de fertilización. Para este mismo grupo, los monocultivos de habichuela, yuca y lechuga, y las asociaciones de YLR resultaron en los índices más bajos (H´= 0.75 a 1.25) y al mismo tiempo en los índices más altos para insectos plaga (H´= 1.41 a 1.9). Solo los monocultivos de yuca y rábano y las asociaciones de YHLR tuvieron índices bajos para insectos plagas (Cuadro 12 y Figura 12).

Cuadro 12.Valor cuantitativo según Ramírez González (2006) de los valores del índice de Shannon por tratamiento y número de muestreo. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Tratamiento	M1		M2		M3		M4		$\overline{H'} \pm$ D.E.	
HABICHUELA	1.72	B	2.32	MA	0.98	MB	*	*	1.67±0.67	B
LECHUGA	1.83	M	2.81	MA	*	*	*	*	2.32±0.69	MA
YUCA	1.37	B	2.54	MA	1.15	B	1.30	B	1.59±0.64	B
RÁBANO	1.91	M	2.35	MA	*	*	*	*	2.13±0.31	A
MAÍZ	2.13	A	2.92	MA	1.95	M	2.23	A	2.31±0.42	MA
MAÍZ (n)	1.65	B	2.60	MA	2.33	MA	2.81	MA	2.35±0.51	MA
MH	2.67	MA	2.73	MA	2.46	MA	2.70	MA	2.64±0.12	MA
MH (n)	2.39	MA	2.98	MA	2.01	M	2.30	MA	2.42±0.41	MA
YLR	2.12	A	2.35	MA	1.33	B	1.01	B	1.70±0.64	B
YMLR	2.15	A	2.61	MA	2.34	MA	2.13	A	2.31±0.22	MA
YHLR	2.43	MA	2.77	MA	1.79	B	1.56	B	2.14±0.56	A
POL	2.40	MA	2.78	MA	2.27	A	2.54	MA	2.50±0.22	MA
POL (n)	2.74	MA	2.88	MA	2.22	A	2.12	A	2.49±0.38	MA
POL 50%	1.51	B	2.75	MA	2.04	M	2.53	MA	2.21±0.55	A
POL 75%	2.32	MA	2.61	MA	2.01	M	2.56	MA	2.38±0.27	MA
POL 125%	2.38	MA	2.80	MA	2.32	MA	2.86	MA	2.59±0.28	MA

Simbología: MA = Muy alto, A= Alto, M= Mediano, B= Bajo, MB =Muy bajo; * = cosechado a la fecha del muestreo.

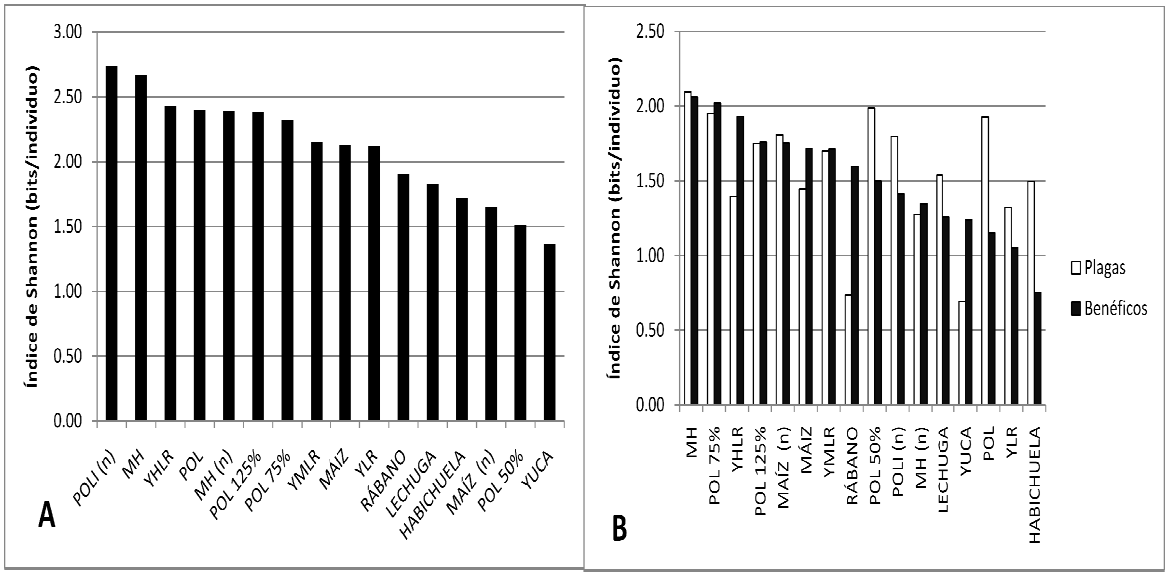


Figura 12. Valores del índice de Shannon - Weaver para cada uno de los tratamientos a 10 DDT. A) Índices para el total de insectos y otros organismos B) Índice de diversidad para insectos plaga y benéficos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

4.3.2 Muestreo 2: 24 DDT (H´ de toda el área de estudio = 3.16)

Los valores del índice de Shannon para los tratamientos variaron entre H´= 2.31 y 2.98, siendo lo más altos para las parcelas de policultivo y MH sin pesticida, junto con el monocultivo de maíz. Sin embargo, la diversidad alfa fue muy similar para el resto de tratamientos, siendo los más bajos los monocultivos de rábano, habichuela y la asociación de YLR (H´= 2.35 a 2.31).

Las parcelas con altos índices para insectos plagas (H´= 2.38 a 2.66) resultaron en bajos índices para insectos benéficos (H´=1.97 a 2.11) y viceversa. Las parcelas que favorecieron a insectos plaga fueron las asociaciones de MH y las parcelas de policultivo con 100% y 125% de fertilización sin pesticidas, al igual que el monocultivo de lechuga. Los tratamientos que favorecieron a la diversidad de insectos benéficos fueron el monocultivo de maíz y los policultivos con 50% de fertilización, excepto por la asociación de YLR, que fue la menos propicia para la diversidad de este grupo (Cuadro 12 y Figura 13).

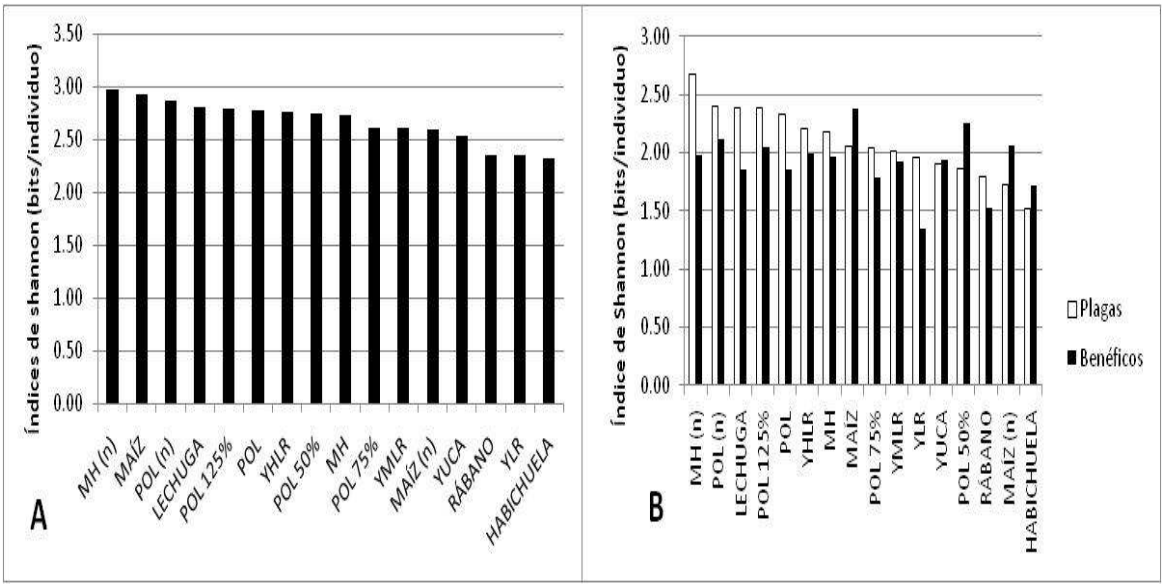


Figura 13. Valores del índice de Shannon - Weaver para cada uno de los tratamientos a 24 DDT. A) Índices para el total de insectos y otros organismos B) Índice de diversidad para insectos plaga y benéficos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

4.3.3 Muestreo 3: 40 DDT (H´ de toda el área de estudio = 3.04)

Los valores del índice de Shannon variaron entre H´= 1.63 y 2.97, destacando los policultivos con diferentes niveles de fertilización y los policultivos con y sin pesticidas (H´= 2.63 a 2.97). Los H´ más bajos fueron para los tratamientos con monocultivos de yuca, maíz y habichuela junto con la asociación de YLR (H´= 2.3 a 1.6).

Los tratamientos con mayores valores de H´ fueron las asociaciones que poseían maíz: MH, YMLR (lechuga y rábano ya fueron cosechados), maíz sin pesticida y los policultivos en general (H´= 2.46 a 2.01). Además se pudo observar que las asociaciones con yuca presentaron bajos índices de diversidad: YHLR, YLR, yuca al igual que el monocultivo de habichuela (Cuadro 12 y Figura 14(A)), para el que se determinó el índice más bajo (H´= 0.98).

Los tratamientos que favorecieron a la diversidad de insectos plaga fueron los policultivos con los diferentes niveles de fertilización y el monocultivo de habichuela (H´= 2.25 a 2.46) y al igual que los organismos benéficos, los tratamientos con yuca tuvieron bajos índices de diversidad (H´ = 1.58 a 1.05). Cabe recalcar que en la mayoría de policultivos con cinco cultivos, los índices de diversidad de organismos benéficos fueron mayores (sin diferencia significativa) que los índices de insectos plaga (Cuadro 12 y Figura 14 (B)).

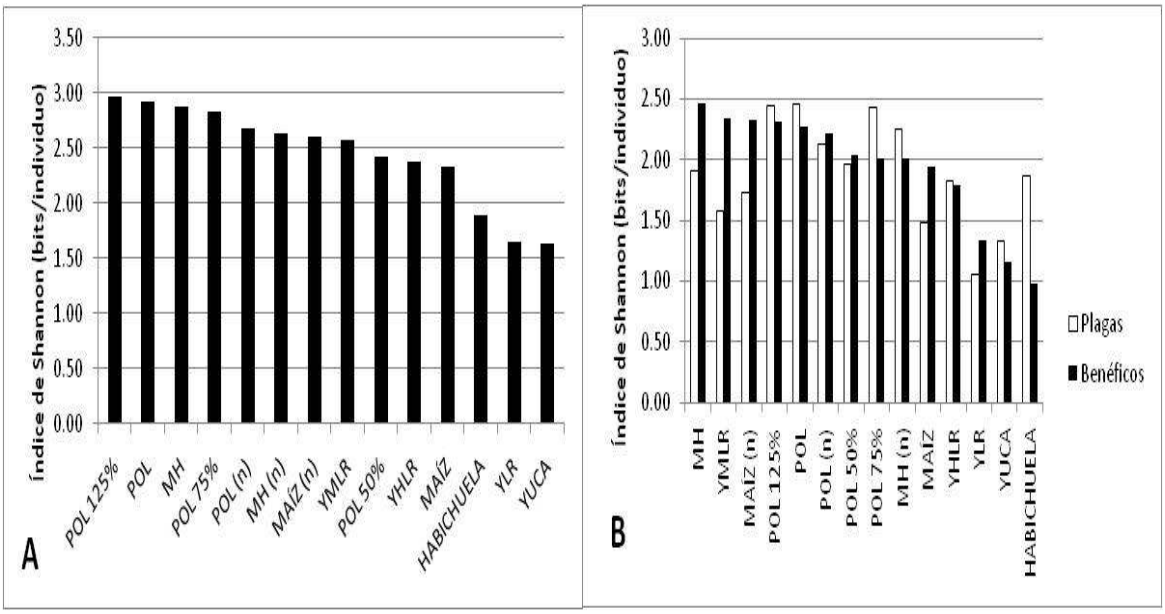


Figura 14. Valores del índice de Shannon - Weaver para cada uno de los tratamientos a 40 DDT. A) Índices para el total de insectos y otros organismos B) Índice de diversidad para insectos plaga y benéficos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

4.3.4 Muestreo 4: 58 DDT (H´ de toda el área de estudio = 2.78)

En el cuarto muestreo, la diversidad volvió a bajar a niveles parecidos a los que se tenía en las etapas iniciales al cultivo. Los valores de H´ variaron entre 1.00 y 2.85 y la mayor diversidad alfa se encontró en los tratamientos de policultivos con diferentes niveles de fertilización y las asociaciones de MH (H´= 2.85 a 2.52, Cuadro 12 y Figura 15 (A)).
Todos los tratamientos con asociaciones de dos y tres cultivos tuvieron valores de H´ altos para insectos benéficos. (Cuadro 12 y Figura 15 (B)).

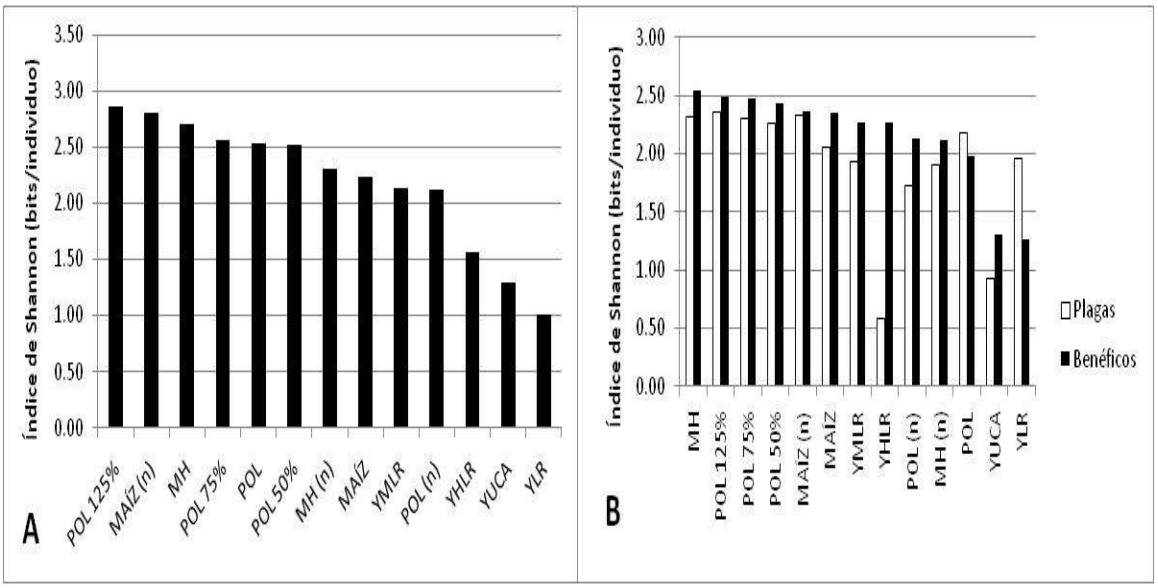


Figura 15. Valores del índice de Shannon - Weaver para cada uno de los tratamientos a 58 DDT. A) Índices para el total de insectos y otros organismos B) Índice de diversidad para insectos plaga y benéficos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

4.4 FRECUENCIA RELATIVA DE ESPECIES (%spp) Y PROPORCIÓN DE ORGANISMOS BENÉFICOS Y PLAGA ($P_{B/PL}$)

4.4.1 Muestreo 1: 10 DDT

Los tratamientos de MH sin pesticida, rábano y YMLR tuvieron altas proporciones de insectos benéficos por cada insecto plaga encontrado ($P_{B/PL}$ = 9.8:1 a 4.75:1). La mayoría de policultivos con todas las variaciones de fertilización y pesticidas tuvieron proporciones bajas, en especial las asociaciones con 75 % y 50% de fertilización, YLR, y la asociación de MH. ($P_{B/PL}$ = 1.4:1 a 1.01:1), es decir que por cada insecto benéfico hubo un insecto plaga (Figura 16 (A)). Los tratamientos con mayor representación de todas las especies encontradas, fueron las asociaciones de MH (%spp = 63%) y los policultivos en general (con variación de fertilización y uso de pesticidas) conteniendo entre 40% y 50% de las especies encontradas en todas las parcelas, mientras que los tratamientos con monocultivos tuvieron una baja frecuencia relativa de especies (%spp = 20% a 27%) (Figura 16 (B)).

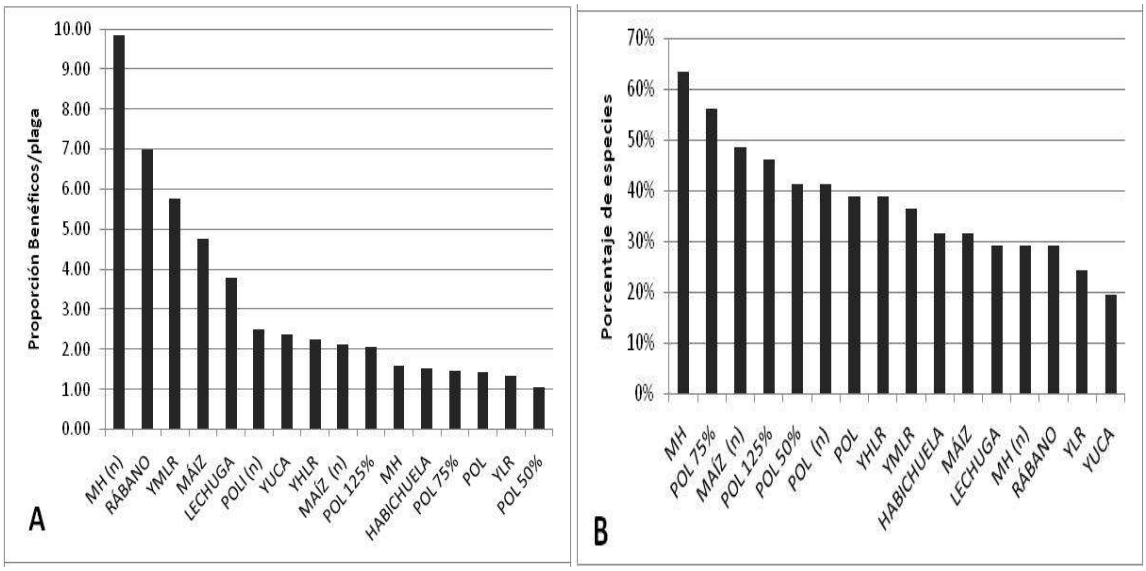


Figura 16. A) Relación del número de insectos benéficos con el número de insectos plaga por tratamiento a 10 DDT (N_{BEN} : N_{PLAG}). B) Frecuencia relativa en porcentaje (%) de las especies presentes en cada tratamiento respecto al número total de especies observado en todas las parcelas. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

4.4.2 Muestreo 2: 24 DDT

Los monocultivos de yuca tuvieron la mayor proporción de individuos benéficos a individuos plaga ($P_{B/PL}$ = 2.4:1). Tres asociaciones que contenían maíz resultaron en altas proporciones de individuos benéficos: el policultivos con 125% de fertilización, YMLR y MH con proporciones de 1.96:1 a 1.5:1. Esto es relativamente bajo respecto al muestreo uno, pero demuestra una tendencia a equilibrar las proporciones. Los tratamientos con 50% y 75% de fertilización y la asociación de YLR, indicaron proporciones cercanas o bajas a uno, es decir que había más individuos plaga que benéficos ($P_{B/PL}$ = 1:1 a 0.9:1), las relaciones estaban casi equilibradas (Figura 17(A)). Las frecuencias relativas de todos los tratamientos se mantuvieron entre 50% y 22% del total de especies, las asociaciones sin pesticidas fueron las que alojaron más especies junto con el policultivo con 125% de fertilización. Los monocultivos de lechuga y maíz alojaron porcentajes similares de especies que el resto de policultivos (%spp entre 43% y 41%), a diferencia de los monocultivos de rábano, habichuela y yuca que alojaron bajos porcentajes de especies (%spp= 23% a 29%; Figura 17(B)).

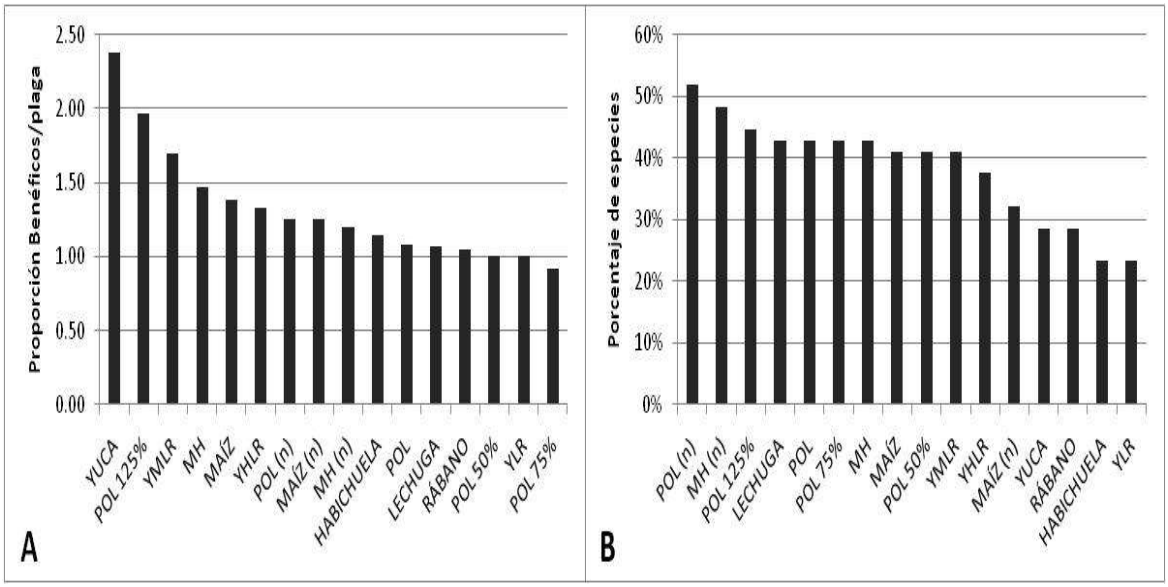


Figura 17. A) Relación del número de individuos benéficos con el número de individuos plaga por tratamiento a 24 DDT (N_{BEN} : N_{PLAG}). B) Frecuencia relativa en porcentaje (%) de las especies presentes en cada tratamiento respecto al número total de especies observado en todas las parcelas. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

4.4.3 Muestreo 3: 40 DDT

Las asociaciones con yuca (YLR y YMLR) y el monocultivo de yuca obtuvieron las mayores proporciones de individuos plaga y benéficos, hallándose proporciones de hasta 6:1. Las asociaciones sin pesticidas presentaron tendencias a equilibrar las proporciones de benéfico y plagas al igual que las asociaciones con variaciones en los niveles de fertilización ($P_{B/PL} \cong 1.3:1$). La asociación de YHLR y el monocultivo de habichuela alojaron a más individuos plaga que benéficos, pues sus proporciones fueron menores a uno (Figura 18(A)). En cuanto a frecuencia relativa de especies, los policultivos en general, a excepción del tratamiento con 50% de fertilización, alojaron a cerca de la mitad de las especies muestreadas. Los tratamientos de MH y YMLR (en esta etapa solo yuca y maíz) tuvieron frecuencias de entre 40 y 30%, mientras que los monocultivos de yuca y YLR (solo yuca) alojaron el menor porcentaje de especies (Figura 18(B)).

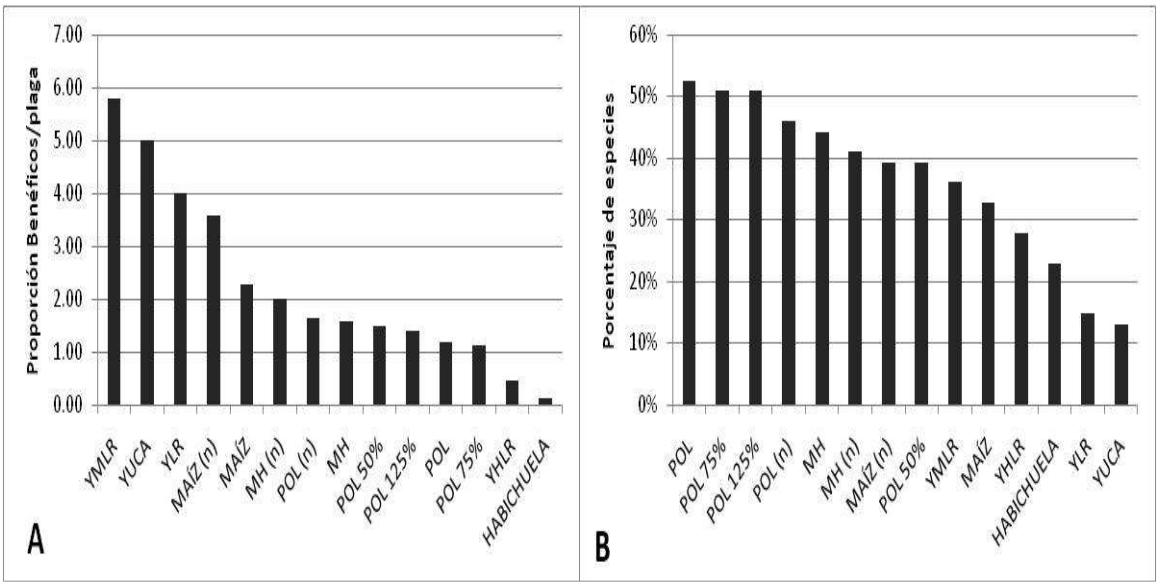


Figura 18. A) Relación del número de individuos benéficos con el número de individuos plaga por tratamiento a 40 DDT (N_{BEN} : N_{PLAG}). B) Frecuencia relativa en porcentaje (%) de las especies presentes en cada tratamiento respecto al número total de especies observado en todas las parcelas. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

4.4.4 Muestreo 4: 58 DDT

Los policultivos presentaron mayores proporciones de insectos benéficos ($P_{B/PL}$ entre 3.4:1 a 2:1) que los monocultivos de yuca y los tratamientos de YMLR y YHLR (en esta etapa solo yuca –maíz y yuca) en los que se observó cierto equilibrio en el número de ambos grupos e inclusive proporciones menores a uno en el caso del tratamiento de YLR ($P_{B/PL}$ = 0.7:1). Los tratamientos sin pesticidas de maíz y MH tuvieron relaciones de 2:1 (Figura 19(A)). Los tratamientos que alojaron los mayores porcentajes de especies (%spp entre 45 y 38%) fueron los policultivos con variación de niveles de fertilización y el monocultivo de maíz, mientras que los tratamientos con yuca (en esta etapa todos son monocultivos de yuca) alojaron entre 10% y 20% de todas las especies muestreadas (Figura 19(B)).

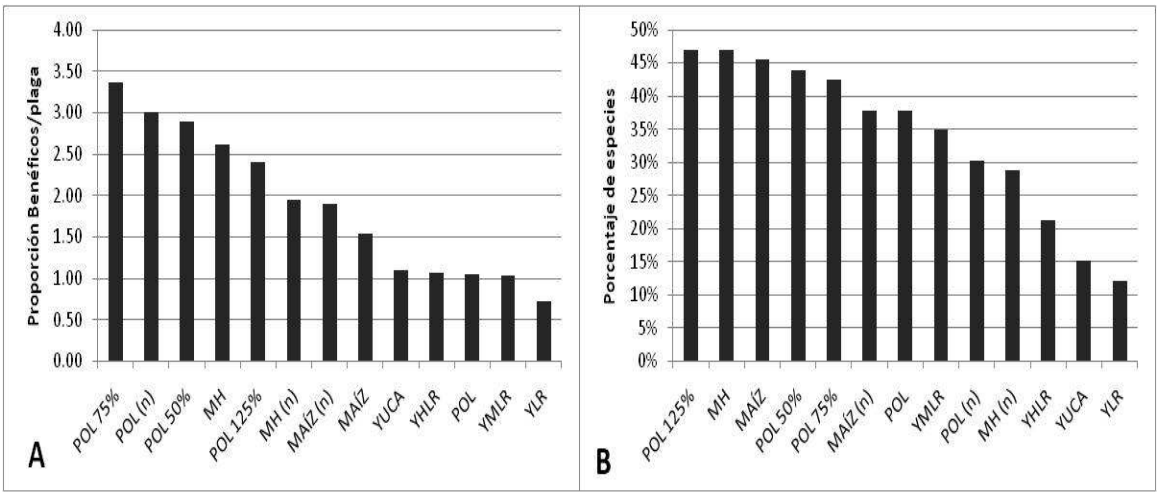


Figura 19. A) Relación del número de insectos benéficos con el número de insectos plaga por tratamiento a 58 DDT ($N_{BEN} : N_{PLAG}$). B) Frecuencia relativa en porcentaje (%) de las especies presentes en cada tratamiento respecto al número total de especies observado en todas las parcelas. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

4.5 ÁREA FOLIAR Y PORCENTAJES DE DEFOLIACIÓN EN HABICHUELA

El área foliar de la habichuela en policultivos fue mayor al área foliar en monocultivo (F=15.68; g.l.=22; p = 0.001), con un promedio de área foliar de 55.6 cm^2 para las hojas en policultivo y 35.0 cm^2 para las hojas en monocultivo. Sin embargo, los porcentajes de defoliación no fueron diferentes (F=1.56; g.l.=22; p=0.225), a pesar de que se obtuvieron medias de 12% para las hojas de policultivo y 16% para las hojas de monocultivo, los porcentajes máximos y mínimos fueron aproximadamente el doble para monocultivos comparados con los policultivos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Estadísticos descriptivos para el área foliar (AF) en cuadros de 0.25 cm^2 y en cm^2 y el porcentaje de defoliación en hojas de habichuela en monocultivo y policultivo. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

		Mínimo	Máximo	$\overline{X}$.±D.E.	Varianza
Policultivo	AF (cuadros).	153.8	340.6	222.2±60.1	3,606.4
	AF (cm^2)	38.4	85.2	55.6±15.0	901.6
	Defoliación	4.8 %	16.3%	12.0%±4.56%	20.6%
Monocultivo	AF (cuadros)	79.0	215.5	140.1±37.8	1,431.9
	AF (cm^2)	19.8	53.9	35.0±9.5	358.0
	Defoliación (%)	7.1%	38.7%	16.0%±9.8%	96.0%

AF= Área foliar; un cuadro=0.5 cm × 0.5 cm.

Al comparar visualmente las muestras, se observó más área seca, maltratada y con incidencia de hongos en las hojas de monocultivo que en las hojas de policultivo (Figura 20).

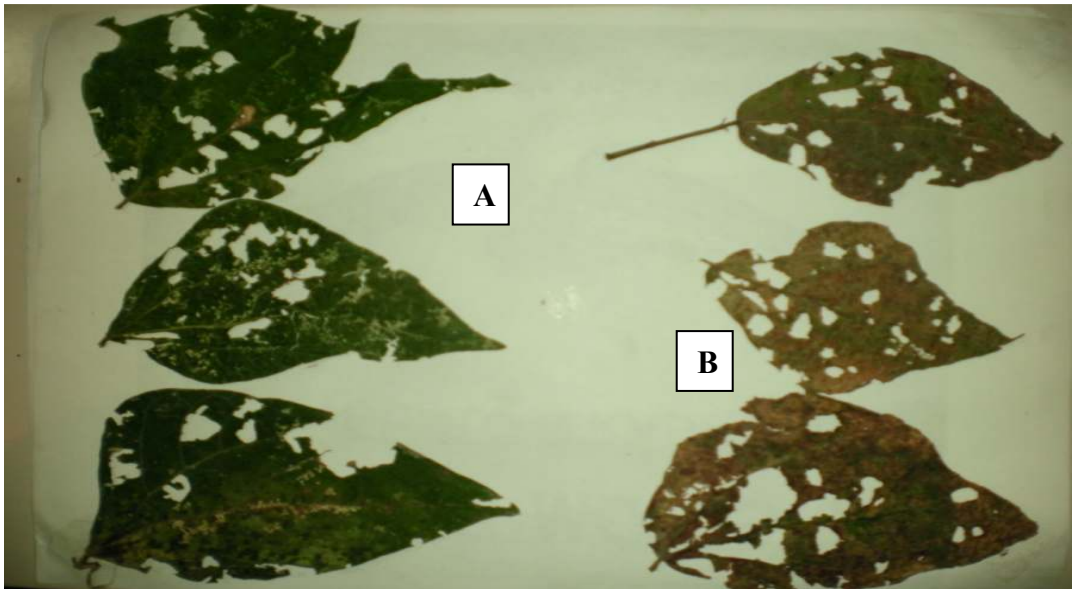


Figura 20. Muestras de las hojas de habichuela más cercanas al suelo cinco días después de haber sido extraídas del campo. A) Hojas de habichuela en policultivo con 100% de fertilización y con pesticida. B) Hojas de habichuela en monocultivo (Escala 3:1). EAP Zamorano, Honduras, 2010.

4.6 VARIACIÓN TEMPORAL DE ARAÑAS, CHRYSOMELIDAE Y DIPTERA

Las poblaciones de arañas, crisomélidos y dípteros en monocultivos aumentaron conforme el cultivo evolucionaba, obteniendo la máxima población a 40 DDT, cuando el maíz estaba floreando y había alcanzado su máxima estratificación. Los niveles poblacionales disminuyeron en el cuarto muestreo, estabilizándose a niveles similares o más bajos que a 10 DDT. Casos excepcionales a esta tendencia general, fueron las poblaciones de crisomélidos en habichuela que tuvieron las mayores poblaciones en las etapas cercanas a la cosecha y las arañas en maíz con aplicación de pesticida cuya población fue nula a 24DDT (Figura 21). En policultivos las poblaciones de arañas fueron menores que las poblaciones de crisomélidos a lo largo de los cuatro muestreos. En el policultivo sin pesticidas, las poblaciones de arañas se elevaron considerablemente a los 40 DDT, a diferencia de los policultivos con agroquímicos (fertilizantes y pesticidas), en los cuales las poblaciones de arañas se mantuvieron casi constantes (Figura 22). Al igual que los monocultivos, las poblaciones de crisomélidos y dípteros disminuyeron a los 58 DDT, excepto el policultivo sin pesticida, donde el número promedio de individuos se incrementó.

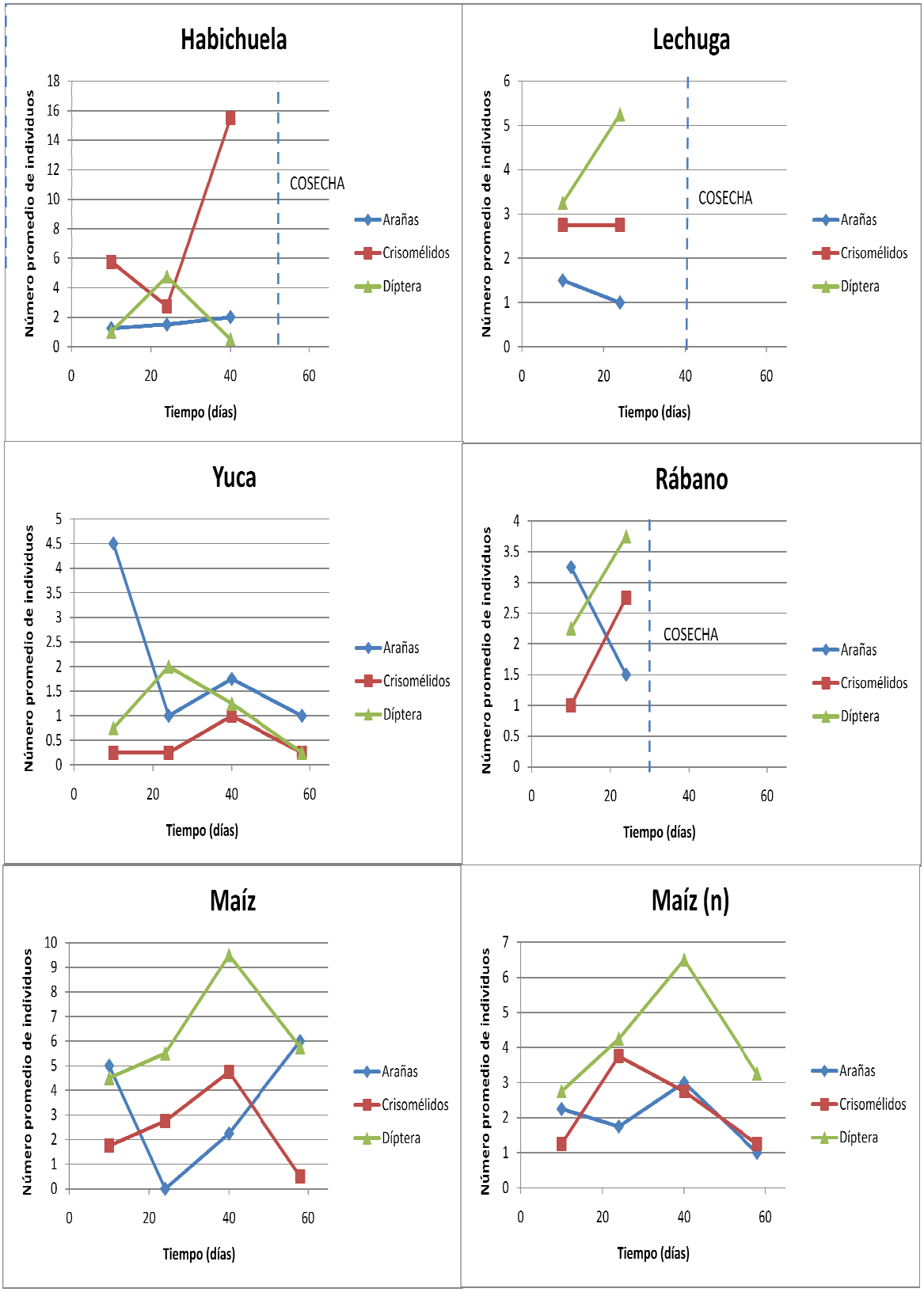


Figura 21. Variación en el tiempo de arañas, Chrysomelidae y Diptera en monocultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

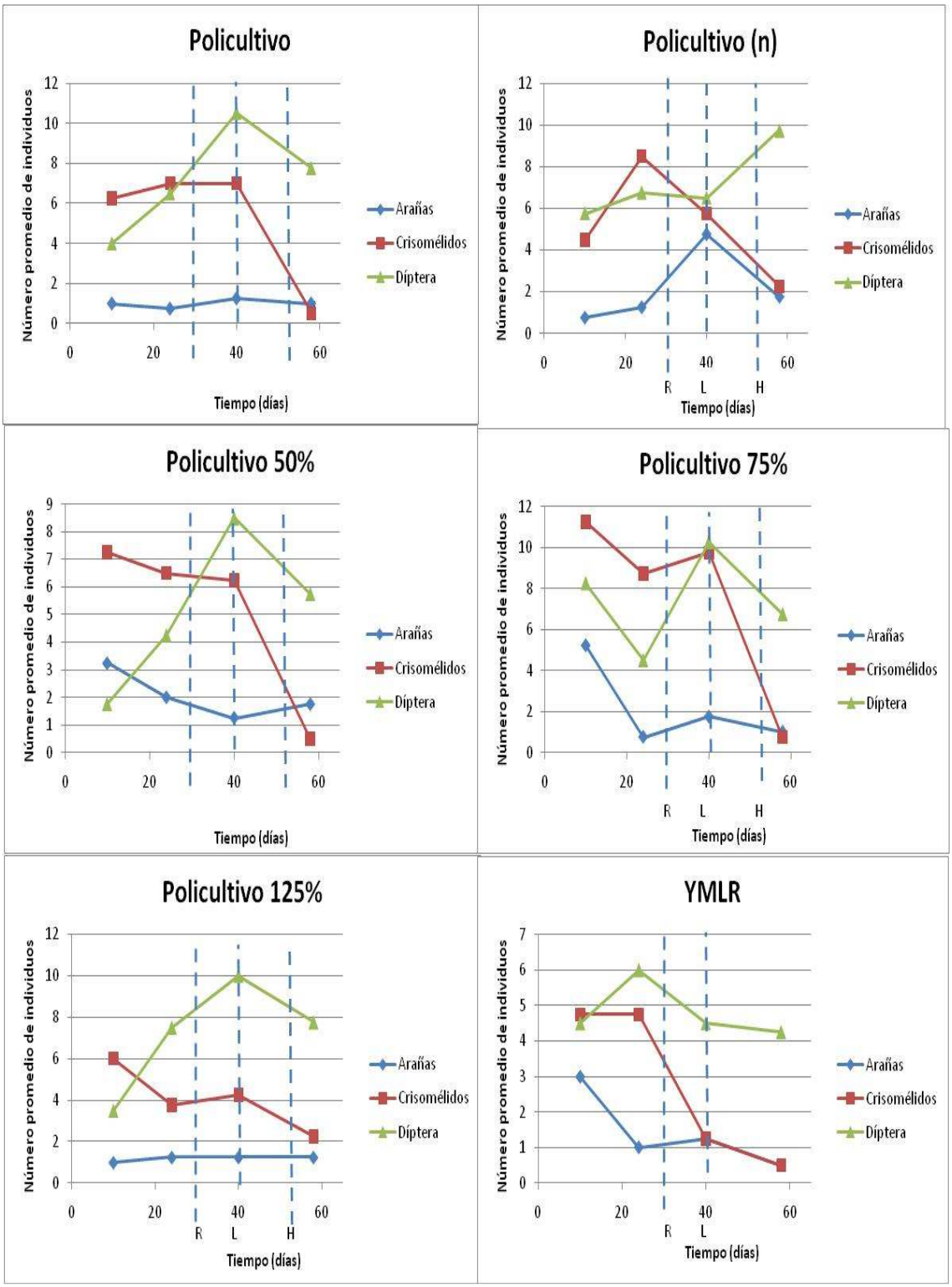


Figura 22. Variación en el tiempo de arañas, Chrysomelidae y Diptera en policultivos. Las líneas punteadas representan las fechas de cosecha de rábano, lechuga y habichuela. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Las combinaciones de maíz – habichuela, YMLR y YHLR, mantuvieron una tendencia ondulatoria en las poblaciones de arañas, con picos a los 10 y 40 DDT y bajos a los 24 y 58 DDT. Los crisomélidos mantuvieron altas poblaciones hasta el tercer muestreo, decayendo drásticamente en el cuarto muestreo. La asociación YLR mantuvo bajas poblaciones de arañas, crisomélidos y dípteros. A los 24 DDT se obtuvo la máxima población crisomélidos y al mismo tiempo la más baja población de arañas (Figura 23).

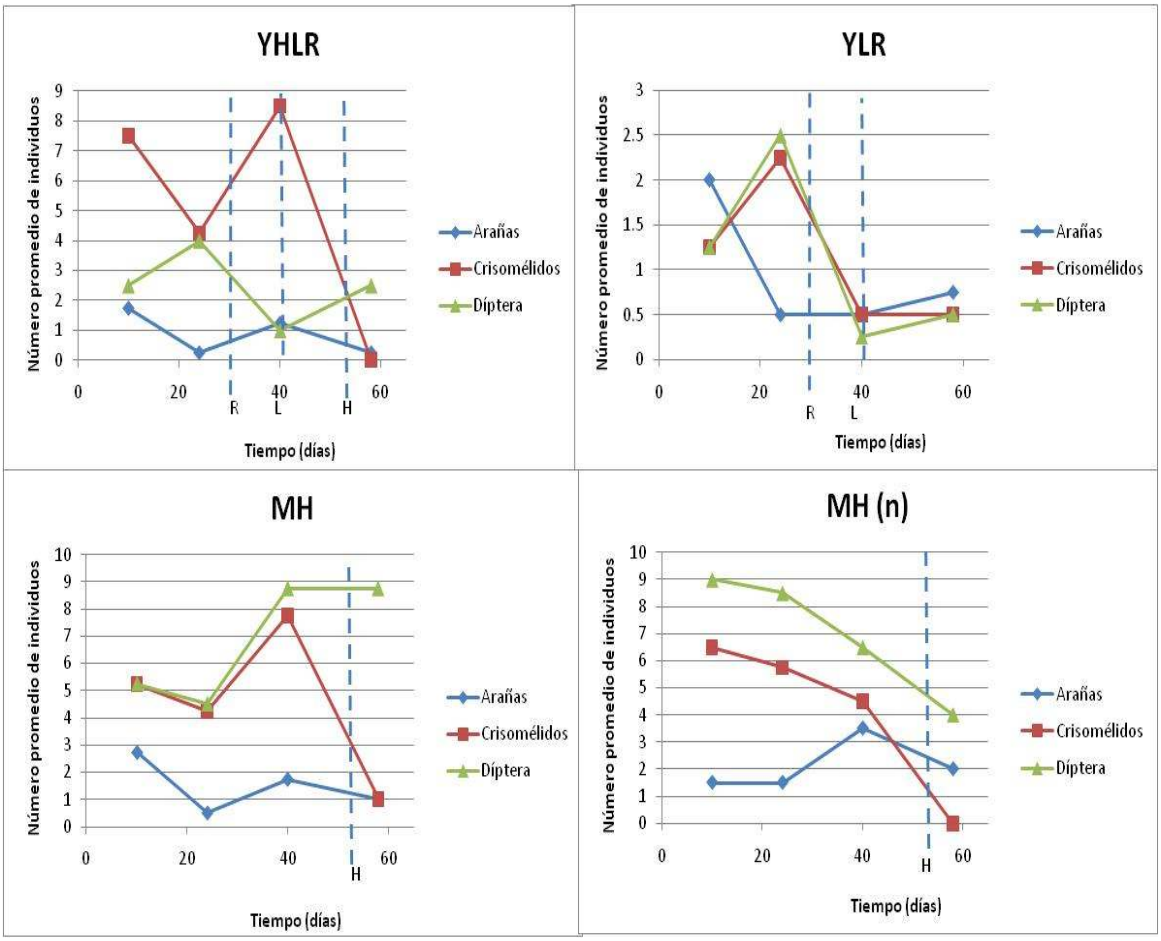


Figura 23. Variación en el tiempo de arañas, Chrysomelidae y Diptera en asociaciones de dos, tres y cuatro cultivos. Las líneas punteadas representan las fechas de cosecha de rábano, lechuga y habichuela. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

4.6.1 Análisis temporal en insectos–día

En general, los policultivos tuvieron una tendencia a alojar más crisomélidos–día y dípteros–día que en los monocultivos, a excepción de la habichuela, donde el número de crisomélidos–día es comparable con el de de los policultivos. Esta tendencia no se observó para arañas–día, las cuales tuvieron un índice diario similar, tanto en policultivos como en monocultivos. El número de arañas–día en los tratamientos sin pesticida fue mayor que el de los tratamientos con pesticida. El tratamiento YLR obtuvo bajos insecto–día durante todo el muestreo ($araña_d$= 3.1; $crisomélidos_d$= 4.6; $dípteros_d$= 4.3), estando inclusive por debajo de los monocultivos con poca estratificación como el rábano, yuca y lechuga (Anexo 26).

4.7 CORRELACIONES ENTRE FERTILIZACIÓN Y DIVERSIDAD ASOCIADA EN POLICULTIVOS

Se obtuvieron correlaciones significativas de segundo grado y de tercer grado entre los niveles de fertilización y los valores de H´, para cada uno de los muestreos en policultivos y para el promedio de H´ de los cuatro muestreos. Las correlaciones tuvieron R^2 cercanas a uno, lo que resultó en modelos altamente predictivos (Cuadro 14).

Cuadro 14. Estadísticos de significancia para las correlaciones entre niveles de fertilización y valores del índice de Shannon con sus niveles maximizadores y minimizadores de diversidad

DDT	R^2	t_r	Nivel de fertilización minimizador	Nivel de fertilización maximizador
10	0.98	11.9	79%	-
24	1.00	44.7	57%	103%
40	1.00	44.7	109%	70%
58	1.00	44.7	46%	104%
Promedio	1.00	44.7	57%	110%

DDT= Días después del trasplante

Las funciones que correlacionan el promedio de los valores H´ de los policultivos y los niveles de fertilización a 24 y 58 DDT, se minimiza en niveles bajo el 60% de fertilización se maximiza en niveles entre 103% y 110%. Después de estos niveles, el valor de H´ comienza a disminuir. Para el muestreo a 10 DDT, se obtuvo una correlación cuadrática con un nivel minimizador del 79%, a partir del cual, el índice aumenta indefinidamente. (Figura 24). A 40 DDT se observó una relación atípica con nivel maximizador del 70% y un nivel minimizador mayor al 100%, después del cual, parece haber una relación directa entre la fertilización y la diversidad.

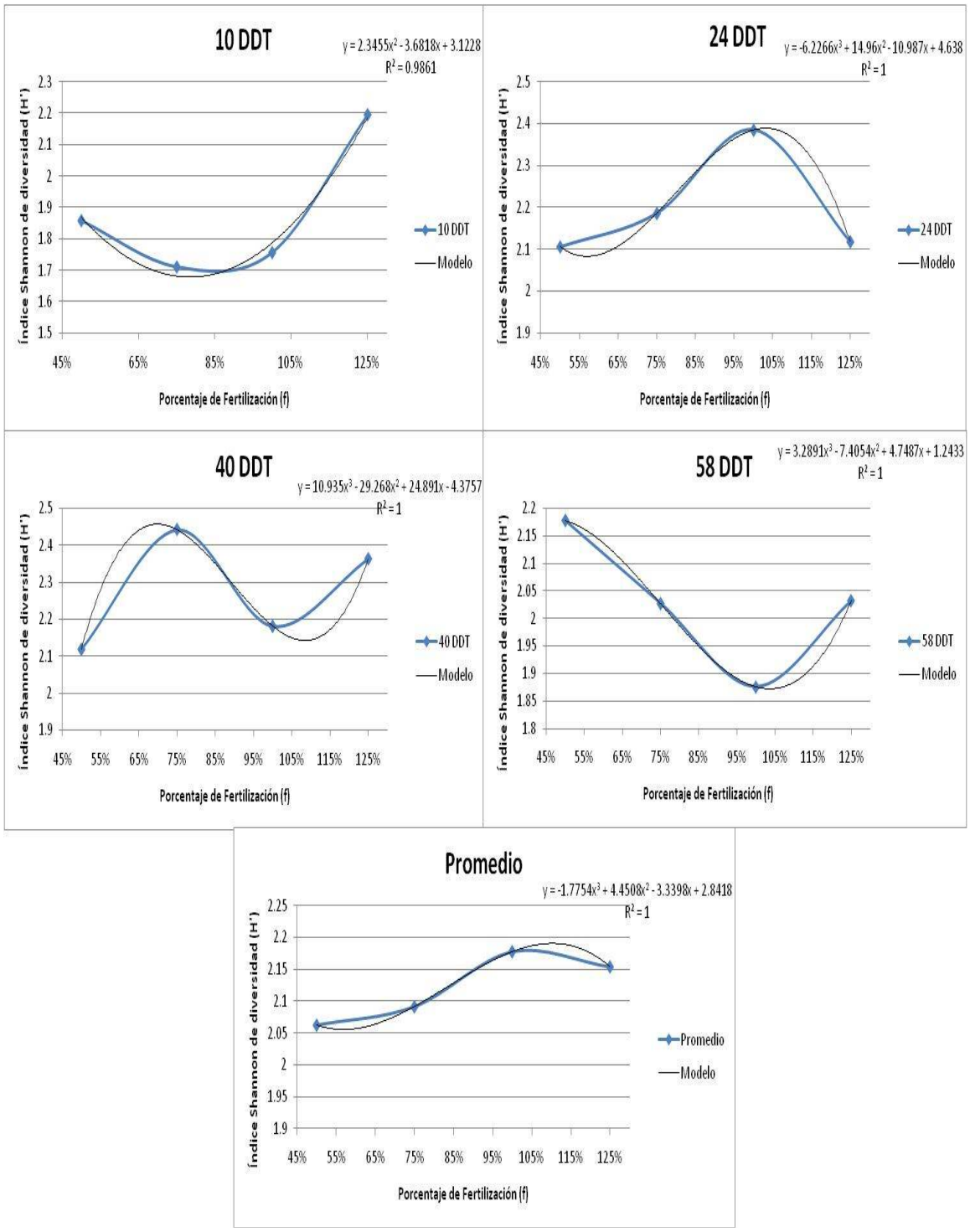


Figura 24. Gráficas de correlación entre los niveles de fertilización y los valores del índice de Shannon para cada uno de los muestreos con sus respectivas ecuaciones. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

5. DISCUSIÓN

La simplificación de los ecosistemas naturales ha causado la disminución de las fuentes de alimento y refugio de los enemigos naturales de las plagas agrícolas (Brechelt, 2004 y Andow, 1991). Esto se pudo observar para la mayoría de grupos de insectos en los tratamientos con monocultivos y más aún, en los monocultivos con estructura simple tales como el rábano, habichuela y lechuga, ya que ofrecen pocos lugares para alojar organismos benéficos. Inclusive en las primeras etapas de estos tratamientos, las poblaciones de plagas también fueron bajas. Solo el grupo de arañas observadas a 10 DDT en el monocultivo de yuca, tuvo altas poblaciones. Esto contrasta con lo afirmado por Altieri y Nicholls (2004), según los cuales un suelo cubierto ("mulching") alojaría mayores poblaciones de arañas terrestres, porque les proveería un escondite para capturar a sus presas. En esa etapa el monocultivo de yuca apenas había brotado y gran parte de la parcelas estaba descubierta. Posiblemente estas altas poblaciones se deban a que las arañas tengan mayor facilidad de captura en campos abiertos. Sin embargo, el grupo de arañas y hormigas fue abundante en el primer muestreo, en el cual los cultivos estaban apenas desarrollándose. Datos muy similares los obtuvieron Herrera *et al*. (2005) quienes midieron la diversidad de insectos en asociaciones de maíz y habichuela, encontrando más individuos de una especie, en áreas abiertas que los tratamientos con sombra. La presencia de hormigueros dentro de las parcelas incrementó el conteo de individuos de la misma especie. Esto puede deberse a que varias especies de hormigas están adaptadas a tener la capa de materia en descomposición de los bosques naturales como refugio, la cual los protege de la deshidratación y da sombra por la diversidad de estratos, algo que no sucede en un agroecosistema de monocultivos (Phylpott y Armbrecht, 2006).

A pesar de clasificarse como insectos benéficos, las hormigas que se observaron en este estudio son especies frecuentemente observadas en lugares con agricultura intensiva con poca cobertura vegetal (*Solenopsis* spp.), catalogadas como agresivas con colonias que se encuentran frecuentemente en bosques maduros (Phylpott y Armbrecht, 2006). Aunque no se observaron más especies de hormigas en los policultivos, sí se pudo comprobar que hubo menos individuos e incidencia de hormigueros. De ahí que haya surgido la duda de clasificar a las hormigas como herbívoros o enemigos naturales de otros insectos plaga. El comportamiento de las hormigas varía de acuerdo con el clima (Phylpott y Armbrecht, 2006), que en este caso fue de fuertes precipitaciones y con la etapa de desarrollo del hormiguero (son más depredadoras si en el hormiguero hay más larvas que alimentar). Por esta razón para clasificar como benéfico o plaga al grupo hormigas, se observó cual era el comportamiento de las dos especies principales encontradas en las parcelas, detectándose que *Solenopsis* atrapaba individuos plagas y *Atta* defoliaba las hojas de yuca en monocultivos, a diferencia de policultivos en los que la yuca estaba casi intacta y no tuvo ataque de ningún grupo

Este efecto de escondite por medio de diversificación de cultivos se ratifica con lo observado en asociaciones de tomate con frijol por Rosset *et al.* (1985). A diferencia de las hormigas, no hubo problema en clasificar a las arañas que también fueron abundantes en los muestreos. En el primer muestreo abundaron especies de arañas terrestres, mientras que en los otros tres muestreos se pudo observar arañas que prefieren cazar sus presas en el follaje por medio de telarañas.

Esto demuestra que el nivel de complejidad de un agroecosistema va a determinar el tipo de organismos que aloja, es decir, que "diferentes especies ocupan diferentes espacios en una estructura" (Gliessman, 2002). De lo anterior se infiere la ventaja de tener más especies de arañas, tanto en espacios terrestres como en el follaje: el control de plagas se efectúa a especies que no pueden volar o que aún están en estados larvarios (control preventivo) y a especies adultas voladoras que causan defoliación el cultivo (control emergente) (Midega *et al.*, 2008; Marc y Canard, 1997).

5.1 DIFERENCIAS ESTADÍSTICAS EN LOS CUATRO MUESTREOS

Solo el grupo Chrysomelidae tuvo diferencia significativa a 10 DDT (Anexo 13), 24 DDT (Anexo 14) y 40 DDT (Anexo 15), siendo más abundante en los policultivos en general comparado con los monocultivos. Esto apoya la hipótesis de lugares apropiados e inapropiados para aterrizar (Finch y Collier, 2000) y la hipótesis de recursos concentrados (Altieri y Nicholls, 2004). A 58 DDT la población de Chrysomelidae bajó considerablemente tanto en policultivos como en monocultivos, esto puede deberse a 1) que la habichuela fue cosechada días antes del muestreo, extrayendo su planta hospedera del agroecosistema, o 2) a las fuertes precipitaciones que se sucedieron en el lugar de estudio. Los enemigos naturales de los crisomélidos son muy poco conocidos, siendo reconocidos un par de nemátodos que parasitan a las larvas para desarrollarse (Capinera, 2001). De ahí la importancia de mantener actividad biológica en el suelo y cómo los pesticidas podrían alterar las cadenas tróficas en un agroecosistema (Altieri, 1999). Al mismo tiempo las altas poblaciones de crisomélidos contradicen la teoría de la concentración de enemigos naturales para este primer muestreo (Altieri y Nicholls, 2004; Björkman, 2010) y corrobora lo afirmado por Andow (1991), según el cual, los policultivos van a albergar a más herbívoros generalistas, que los monocultivos, por poseer más materia vegetal y disponibilidad de alimento. Este efecto "atrayente" se podría ver contrastado con el mayor número de Hymenoptera (Anexo 13), en policultivo que en monocultivo, creando más complejidad en los niveles tróficos que beneficien al cultivo.

A lo largo de los cuatro muestreos, mientras el cultivo evolucionaba e incrementaba el follaje, se encontraron más grupos con más diferencias. En el tercer muestreo Diptera, Chrysomelidae e Hymenoptera difirieron por el tratamiento en que se encontraban, es decir que los policultivos naturales fueron más abundantes que los policultivos con aplicaciones de pesticida y que sus respectivos monocultivos. Parece haber cierta preferencia de los crisomélidos por la habichuela, ya que las poblaciones observadas en este tratamiento fueron mayores que en los otros monocultivos (Figura 9 y Anexo 15).

Según Capinera (2001), *Diabrotica* spp. puede ser una plaga de alta incidencia en monocultivos de fabáceas, lo que explicaría esta observación.

Los tratamientos sin pesticidas tuvieron diferencias en el número de insectos tanto benéficos como plaga encontrados en ellos, respecto a los tratamientos con pesticida, observándose inclusive depredadores de mayor tamaño tales como individuos de Reduviidae. Sin embargo, este grupo de depredadores generalista y de gran agilidad (Altieri y Nicholls, 2004), también se alimenta de otros grupos de insectos benéficos dermápteras. Esto crea complejas redes de relaciones tróficas y disminuye el efecto de los otros grupos de insectos benéficos como arañas, avispas, sírfidos y dermápteras. Este último grupo también puede ser catalogado como ambiguo, por alimentarse del follaje y también de presas pequeñas (Capinera, 2001). El comportamiento de las dermápteras también es fuertemente influeciado por las condiciones climáticas y la época del año en la que se ha plantado el cultivo, buscando lugares con poca luminosidad y alta humedad para reproducirse en temporadas lluviosas (Capinera, 2001). Por esta razón se podría manejar el comportamiento benéfico de las dermápteras, a pesar de ser también fitófagos, al crear refugios multiestratificados como los árboles frutales (Piñol *et al.,* 2009; Gobin *et al.* 2008; Weiss y Mcdonald, 1998). De hecho un alto número de las dermápteras observadas, se hallaban en las lígulas y hojas jóvenes de maíz, corroborando lo antes dicho. Además los policultivos sin pesticidas demostraron mayor capacidad de alojar organismos diferentes a hormigas, abejas y dípteras. Los policultivos pueden amortiguar el efecto dañino de los pesticidas en los enemigos naturales al proveerles mayor posibilidad de refugio (Gao *et al.*, 2008). Esto se evidenció en el tercer y cuarto muestreo con las arañas, ya que se obtuvieron poblaciones mayores en policultivos sin pesticida que en aquellos en los que se aplicó.

Una evidencia de que los policultivos mostraron ser más equilibrados, fue la presencia de las moscas patas larga (Dolichopodidae), conocidas por ser depredadores audaces de pulgones y pequeñas orugas (Florida Gardener, 2004). El gran número de individuos encontrados a lo largo de los cuatro muestreos, pudo haber sido influenciado por las condiciones climáticas húmedas dominantes durante el estudio, ya que éstas son las mejores condiciones ambientales para la reproducción de la mosca de patas largas (Edible San Marcos, 2008). Sin embargo, la creación de hábitats por parte de los policultivos pudo haber causado un efecto de atracción de las poblaciones de la mosca patas largas hacia las asociaciones que refugiaban mayores poblaciones de individuos plaga que en el follaje, por la hipótesis de disponibilidad de recursos (Altieri y Nicholls, 2004).

5.2 BIODIVERSIDAD EN MONOCULTIVOS Y POLICULTIVOS

Se mantuvo una relación positiva entre el grado de estratificación del cultivo y el índice de diversidad alfa asociada, es decir que a más follaje y refugios se formaban, también aumentaba la biodiversidad de organismos benéficos (Cuadro 12). Tanto monocultivos como policultivos presentaron altos valores del índice de Shannon a los 24 DDT. Esto pudo haberse influenciado por las fuertes precipitaciones que se dieron antes y durante esta etapa del muestreo, creando charcos de agua en los canales de cultivos, los cuales a su vez atrajeron a ranas y libélulas (también consideradas para el análisis estadístico).

Además una alta humedad relativa es una de las condiciones ideales para la reproducción de dípteros y dermápteras (Capinera 2001).

En general se calcularon valores de H´ altos y muy altos para todos los policultivos, a excepción de la asociación YLR, cuya diversidad fue más baja inclusive que los monocultivos de yuca en el tercer y cuarto muestreo. Esto puede deberse al poco tiempo en que estuvieron asociadas la yuca con el rábano y la lechuga, siendo éstos dos cultivos los que realmente proveían refugios para los organismos tanto benéficos como plaga. Esto lo ratifican los dos primeros muestreos en los que sí estuvieron asociados la lechuga y el rábano. Mojena *et al.* (2000) obtuvo observaciones muy similares cuando al cosechar el maíz y el frijol que estaban asociados con yuca, el número de tres especies de insectos plagas aumentó considerablemente, así como las tasas de defoliación en yuca, reduciendo la diversidad de los tratamientos.

La variación en los niveles de fertilización inorgánica en policultivos tuvo cierta influencia en la biodiversidad asociada, porque incrementa la producción neta del agroecosistema (Benckiser y Schnell, 2007) y crea un efecto de cadena en los diferentes niveles tróficos. Sin embargo, hay un efecto muy similar en la diversidad en los policultivos sin pesticida que en policultivos con 125% de fertilización(Cuadro 12). De ahí que se podría sugerir que para mantener saludable un agroecosistema y mantener la funcionalidad de la diversidad asociada al mismo, se debería disminuir el uso de pesticidas y no solo fertilizar la planta, sino también el suelo (Gliessman, 2002). Adicionalmente el excesivo uso de fertilizantes crea lixiviación de compuestos inorgánicos que contaminan los acuíferos, por lo que el modelo ideal propuesto es el de fertilización orgánica, que está en armonía con los procesos biológicos.

La alta correlación obtenida entre los niveles de fertilización y los valores del índice de Shannon (Cuadro 14 y Figura 24) se debe a que el modelo matemático solo tuvo que ajustarse a cuatro valores correspondientes a los cuatro muestreos del estudio. A pesar de tener R^2 cercanas a uno, los modelos debieron haber considerado niveles de fertilización entre 50%, 75% 100% y 125%. Sin embargo, la metodología usada podría servir como modelo para futuros estudios y obtener los niveles de fertilización inorgánica u orgánica que minimizan y maximizan la diversidad asociada en un agroecosistema, convirtiéndose en una herramienta para el productor que maneja sus cultivos bajo el concepto de agricultura ecológica. Los valores maximizadores del índice de Shannon estuvieron entre 103% y 110%, lo que indica que el mantener un suelo fértil puede beneficiar tanto a mantener una planta saludable como una mayor diversidad asociada (Coleman, 2005). Analizando la correlación de los cuatro muestreos promedio, se podría afirmar que pasados los niveles maximizadores la curva de diversidad comienza a bajar. Esto puede deberse a que el nitrógeno libre podría debilitar las defensas naturales de las plantas (Altieri y Nicholls, 2004), por lo que se debe buscar alternativas de fertilización, como los abonos orgánicos, que nutran al suelo y no se volatilicen con facilidad o contaminen los acuíferos por lixiviación (Altieri, 1999). La correlación atípica a 40 DDT podría explicarse por la aplicación de pesticida realizada unos días antes del muestreo, disminuyendo las poblaciones de organismos poco móviles y al mismo tiempo la diversidad de organismos plagas y benéficos. Un sistema equilibrado tendrá que alojar diversidad tanto de enemigos naturales como de plagas. La proporción de individuos

benéfico–plaga y la frecuencia relativa de especies confirma que al incrementar las dosis de fertilización también incrementa el número de individuos benéficos por cada individuo plaga observado.

Esto implica que el mantener una planta bien nutrida, podría usarse como una herramienta de manejo de plagas, para atraer enemigos naturales y fortalecer las defensas de la planta (Coleman, 1995). Según los resultados obtenidos por Morales *et al.* (2001), las parcelas con fertilización orgánica difirieron significativamente de la fertilización inorgánica en el número de enemigos naturales como Cocinellidae y Dermaptera. En estudios realizados por Marini *et al.* (2009) en poblaciones de Orthoptera, se explica que es la acción combinada de la fertilización nitrogenada y la estructura vegetal la que incrementa las poblaciones de saltamontes. Es decir que si se tiene un cultivo bien fertilizado pero sin una estructura vegetal que garantice un microclima adecuado para el desarrollo de ortópteros, las poblaciones van a ser escasas. De lo anterior se podría explicar la posible diferencia que de individuos de Chrysomelidae que tuvieron los policultivos con los monocultivos en el tercer muestreo (Anexo 15) y Orthoptera entre la habichuela y el policultivo con 125% de fertilización (Anexo 9). El número de arañas–día (Anexo 26) y el número promedio de Lepidoptera a 40 DDT (Figura 8) en los tratamientos sin pesticida, son un indicativo de la posible relación en la cantidad de enemigos naturales que se eliminan con la aplicación de agroquímicos, así como de la cantidad de plagas.

5.3 ÁREA FOLIAR Y DEFOLIACIÓN EN HABICHUELA.

En ecosistemas naturales, el sotobosque debe interceptar la mayor cantidad de luz posible para producir fotosíntesis compitiendo con la sombra creada por las especies heliófitas de rápido crecimiento (Montagnini y Jordan, 2005). Para ello, estas especies incrementan su área foliar, duplicando la tasa de reproducción de células del parénquima en empalizada (Rueda 2006; Montagnini y Jordan 2005). Los policultivos imitan en pequeña escala a un bosque natural, donde el maíz correspondería a las especies heliófitas de rápido crecimiento y la habichuela el sotobosque que debe incrementar su área foliar para competir con la sombra creada por el maíz. Por esta razón, el área foliar fue menor en el monocultivo de habichuela que en los policultivos (Cuadro 13). El efecto de escondite creado por la asociación de cultivos no se pudo comprobar para los cultivos de habichuela, dado que las tasas de defoliación fueron estadísticamente iguales. No obstante, en campo se pudo observar que en monocultivo, la habichuela también presentaba alta incidencia de hongos (Figura 20) y enfermedades a diferencia de los policultivos. En ambos casos las tasas de defoliación no fueron de consideración, por que el porcentaje mínimo establecido para afectar considerablemente a la planta es del 30% (Mojena *et al*., 2000).

6. CONCLUSIONES

- Los policultivos alojan más diversidad alfa de organismos benéficos que los monocultivos, pero al mismo tiempo que aumenta su número también lo hace el número de individuos plaga.

- El clima juega un papel importante en el comportamiento de especies omnívoras como las hormigas y las tijeretas (Dermáptera: Forficulidae) pudiéndose comportar como depredadoras o como herbívoras.

- Los niveles de fertilización, la fase del cultivo, el número de cultivos asociados y los niveles de estratificación incrementan la diversidad asociada de los agroecosistemas, al influenciar la disponibilidad de refugios y la salud del cultivo.

- El maíz en monocultivo puede alojar poblaciones similares de individuos plaga y benéficos, debido a sus características y por la estratificación que presenta durante su desarrollo fenológico, pero no se estaría aprovechando el 100% de espacio existente en las partes bajas.

- Los policultivos funcionan como un bosque natural a pequeña escala, donde el maíz se puede comparar con las especies heliófitas y las habichuelas con el sotobosque que incrementa su área foliar para captar más luz.

- La defoliación de habichuela es muy similar en policultivo y monocultivo, sin embargo, en policultivo su área foliar es mayor.

- Los policultivos sin pesticidas tienden a alojar a más individuos benéficos que los policultivos con pesticida y a su vez éstos son más diversos en individuos benéficos que los moonocultivos, por presentar más refugios donde se pueden reproducir o encontrar presas.

- Los individuos de Chrysomelidae tienen preferencia como hábitat el cultivo de habichuela, las tijeretas por el maíz y las arañas por los policultivos con más estratificación.

- La fertilización tiene influencia en la diversidad asociada porque incrementa la producción neta las plantas, pero al abusar de las dosis, la diversidad disminuye probablemente por la toxicidad en red alimentaria.

7. RECOMENDACIONES

- Efectuar estudios de diversidad alfa de insectos con más cultivos y comparar si la riqueza de especies y el número de individuos incrementa.

- Extender el estudio los efectos de los agroquímicos en la biodiversidad asociada con tratamientos factoriales de niveles de fertilización y dosis de pesticida en una sola asociación de policultivo.

- Estudiar el efecto en la incidencia poblacional de individuos plaga y benéficos al intercalar plantas medicinales en los cultivos.

- Extender el estudio a la diversidad de organismos en el suelo tales como nematodos.

- Realizar un estudio que correlacione fertilización y diversidad de organismos benéficos con ocho niveles de fertilización.

- Para usar la diversificación de especies como manejo de plagas, usar cultivos que cubran diferentes estratos tales como maíz, pepino y yuca, para asegurar la dinámica en todos los niveles del follaje.

- Implementar programas de fertilización orgánica e inorgánica para asegurar los procesos biológicos y alimentar no solo a la planta, sino también al suelo.

- Reducir el uso de pesticidas conforme se ha iniciado un programa de manejo de plagas basado en prácticas ecológicas.

- Sincronizar los ciclos de los cultivos asociados, de tal forma de asegurar siempre la estratificación y la existencia de refugios para la diversidad asociada de organismo benéficos.

8. LITERATURA CITADA

Achupallas, JM; Gaitán, MR. 2009. Comparación de rendimientos, valor económico y supresión de malezas de maíz dulce, habichuela y pepino bajo sistemas de monocultivo e intercultivo en El Zamorano, Honduras. Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, HN. 25 p.

Altieri, MA.1999. Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable. 4ª ed. Montevideo, UY. Editorial Nordan–Comunidad. 325 p.

Altieri, MA; Nicholls, CI. 2000. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. 1ª ed. México D.F., MX. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental, PNUMA. 229 p.

Altieri, MA; Nicholls, CI. 2004. Biodiversity and Pest Manegement in Agroecosystems. 2ª ed. Binghamton, NY, US. Haworth Press Inc. 253 p.

Altieri, MA; Nicholl, CI; Fritz, MA. 2005. Manage Insects on your Farm: a Guide to Ecological Strategies. Beltsville, Md, US. Sustainable Agriculture Network HandBook Series. Book 7. 120 p.

Andow, DA. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. Annual Review of Entomology 36: 561 – 586.

Andrews, KL; Caballero, R. 1995. Guía para el estudio de Órdenes y Familias de Insectos de Centroamerica. 4ª ed. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, HN. 179 p.

Benckiser, G; Schnell, S. 2007. Biodiversity in agricultural production. Boca Ratón, Fl, US. CRC Press Taylor & Francis Group. Books in soils, plants, and the environment. Vol. 114. 461 p.

Björkman, M; Hambäck, PA; Hopkins, RJ; Rämert, B. 2010. Evaluating the enemies hypothesis in a clover-cabbage intercrop: Effects of generalist and specialist natural enemies on the turnip root fly (*Delia floralis*). Agricultural and Forest Entomology 12: 123–132.

Brechelt, A. 2004. El Manejo Ecológico de Plagas y Enfermedades. 1ª ed. Santiago de Chile, CL. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina. 36 p.

Capinera, JL. 2001. Handbook of Vegetable Pests. 1ª ed. Orlando, Fl, US. Academic Press. 780 p.

Coleman, E. 1995. The New Organic Grower. A Mater's Manual of Tools and Techniques for the Home and Market Gardener. 2ª ed. Green Press. Vermont, US. 340 p.

Dufour, R. 2000. Farmsacaping to Enhance Biological: Control Pest Management Systems Guide (en línea). Fayetteville, Ar, US. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA- USDA). 40 p. Disponible en: http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/farmscaping.pdf

Douds, DD; Millner P. 1999. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. Agriculture Ecosystems and Environment 74:77–93.

Edible San Marcos. 2008. Long Legged Fly, Dolichopodidae, Genus *Condylostylus* (en línea). Consultado: 16 set 2010. Disponible en: http://ediblesanmarcos.wordpress.com/troubleshooting/beneficial-insects/beneficial-insect-long-legged-fly-dolichopodidae-genus-condylostylus/

Finch, S; Collier, RH. 2000. Host-plant selection by insects: A theory based on "appropriate/inappropriate landings" by pest insects of cruciferous plants. Entomologia Experimentalis et Applicata. 96 (2): 91 – 102.

Florida Gardener. 2004. Dolichopodidae (Long-Legged Fly): A Beneficial Garden Insect (en línea). Consultado: 15 set 2010. Diponible en: http://floridagardener.com/critters/Beneficial_Insects/Dolichopodidae.htm

Gao, F; Ge, F; Liu, X; Song, Y. 2008. Impact of insecticides on the structure and productivity of insect pest and natural enemy communities associated with intercropping in cotton agroecosystems. International Journal of Pest Management 54(2): 103–114.

Gliessman, SR. 2002. Agroecología: Procesos Ecológicos en Agricultura Sustentable. 3ª ed. Turrialba, CR. CATIE. 359 p.

Gobin, B; Peusens, G; Moerkens, R; Leirs, H. 2008. Understanding earwig phenology in top fruit orchards. Ecofruit: 13th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing. Eds. Boos y Markus .Weinsberg, DE. 208-212.

Hernández Villegas, L. 2009. "Agroecología: Sistema de los Equilibrios, "Agroecología: Sistema de los Equilibrios, Fuente de Sostenibilidad y Bienestar" Una Alternativa para el Mejoramiento de los Principales Agrosistemas Tropicales (en línea). Cali, CO. CIAT. Charlas para la creación de agroempresas. Consultado 10 ago 2010. Disponible en: http://webapp.ciat.cgiar.org/agroempresas/pdf/agroecologia.pdf

Herrera, J; Cadena, P; Sanclemente, A. 2005. Diversidad de la Artropofauna en Monocultivo y Policultivo de Maiz (*Zea mays*) y Habichuela (*Phaseolus vulgaris*). Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle, CO. 6(1):23 – 31.

Holdridge, LR; 2000. Ecología basada en Zonas de Vida. 5 ed. San José, CR. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Colección Libros y Materiales Educativos/IICA. Vol 83. 216 p.

Infoagro Systems. 2010. Documentos técnicos de Hortalizas y Granos. Consultado 15 set. 2010. Disponible en: http://www.infoagro.com/hortalizas/hortalizas.htm

Marini, L; Fontana, P; Batisti, A; Gaston, KG. 2009. Agricultural management, vegetation traits and landscape drive orthopteran and butterfly diversity in a grassland–forest mosaic: a multi-scale approach. Insect Conservation and Diversity 2:213–220

Marc, P; Canard, A. 1997. Maintaining spider biodiversity in agroecosystems as a tool in pest control. Agriculture, Ecosystems and Environment 62:229 – 235.

Mead, R; Willey, RW. 1980). The Concept of a 'Land Equivalent Ratio' and Advantages in Yields from Intercropping. Experimental Agriculture 16: 217 – 228.

Midega, CA; Khan, ZR; Van den Berg, J; Ogol, CK; Dippenaar-Schoeman, AS;Pickett, JA; Wadhams LJ. 2008. Response of ground-dwelling arthropods to a 'push–pull' habitat management system: spiders as an indicator group. Journal of Applied Entomology 132: 248-254.

Mohler, CL; Johnson, SE. 2009. Crop Rotation on Organic Farms: A Planning Manual. 1ª ed. Ithaca, NY, US. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES). 156 p.

Mojena, M; Bertolí, M; Zaffaroni, E. 2000. Evaluaciones de Plagas Insectiles en Agroecosistemas de Intercalamiento de maíz (*Zea Mays*, L) y frijol (*Phaseolus Vulgaris*, L) con yuca (*Manihot Esculenta*, Crantz). Revista Brasileña de Agrociencia 1(6): 4 – 11.

Montagnini, F; Jordan, CF. 2005. Tropical Forest Ecology. 1ª ed. Athens, Ga, US. Editorial Springer. 300 p.

Morales, H; Perfecto, I; Ferguson B. 2001. Traditional fertilization and its effect on corn insect populations in the Guatemalan highlands. Agriculture, Ecosystems and Environment 84:145–155.

Neotrópicos. 2009. Índice de Shannon-Weaver. Consultado 16 set 2010. Disponible en: http://wiki.neotropicos.org/index.php?title=%C3%8Dndice_de_Shannon_-_Weaver

Pérez Atencio, AA; Ruiz Guerra, KA. 2010. Evaluación de la producción de maíz, yuca, rábano, lechuga, habichuela en un sistema de policultivos en Zamorano. Anteproyecto de Tesis Ing. Agr. Escuela Agrícola Panamericana, HN. 16 p.

Pérez Guitiérrez, D; Sánchez Pérez, DE. 2006. Efecto de policultivos (Tomate: *Lycopersicum esculentum* Mill, Pipián: *Curucbita pepo* L., Frijol: *Phaseolus vulgaris* L. en la incidencia poblacional de insectos plagas e insectos benéficos. Tesis Ing. Agr. Forestal. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI.71 p

Philpott, SM; Armbrecht, I. 2006. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. Ecological Entomology 31: 369–377.

Piñol, J; Espadaler, X; Cañellas, N; Perez, N. 2009. Effects of the concurrent exclusion of ants and earwigs on aphid abundance in an organic citrus grove. BioControl (54): 515–527.

Ramírez González, A. 2006. Ecología: métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades. 20ª ed. Bogotá, CO. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. 273 p.

Rosset, P; Vandermeer, J; Cano, M; Varela; G; Snook, A; Hellpap C. 1985. El Frijol como cultivo trampa para el combate de *Spodoptera sunia* Guenee (Lepidoptera: Noctuidae) en plántulas de tomate. Agronomía Costarricense 9(1): 99-102

Rueda, A. 2010. Cálculo de insectos – día y análisis de muestreos (entrevista). Valle del Yeguaré, HN. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. (E-mail: arueda@zamorano.edu)

Rueda, D. 2006. Botánica Sistemática: Curso Interactivo. 4ª ed. Quito, EC. Editorial Publiglob. 196 p.

Smith, LJ; Collins, HP. 2007. Management of Organisms and Their Processes in Soils. **In** Soil Microbiology and Biochemistry, (2007. Burlington, US). Ed. Paul, AE. 3ª ed. Elsevier Academic Press. 514 p.

Smith, HA; McSorley, R; Sierra Izaguirre, JA. 2001. Effect of Intercropping Common Bean with Poor Hosts and Nonhosts on Numbers of Immature Whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) in the Salamá Valley, Guatemala. Environmental Entomology. 30(1): 89-100.

Somarriba, E. 1999. Diversidad Shannon (en línea). Revista Agroforestería en las Américas. Vol.6. no 23. Consultado 16 ago 2010. Disponible en: http://web.catie.ac.cr/informacion/rafa/rev23/nsoma_1.htm

SPSS Inc. 2007. Manual del usuario de SPSS Statistics Base 17.0. Chicago, IL, US. 639p.

Vandermeer, JH. 1989. The ecology of intercropping. 2ª ed. Melbourne, AU. Cambridge University Press. 231 p.

Weiss, M; McDonald, G. 1998. European earwig, *Forficula auricularia* L. (Dermaptera: Forficulidae), as a predator of the redlegged earth mite, *Halotydeus destructor* (Tucker) (Acarina: Penthaleidae). Australian Journal of Entomology 37: 183-185.

LITERATURA CONSULTADA

Agroquímicos Peninsulares S.A, 2005. Fichas Técnicas de Cultivos. Baja California, MX. Consultado 16 set 2010. Disponible en: http://www.peninsulares.com/fichastecnicas/

Alcaldía de Almeida. 2002. Esquema de ordenamiento territorial Almeida – Boyacá: 2002- 2010 (en línea). Subsistema físico biótico: Zona de Vida. Boyacá, CO. Consultado 15 set 2010. Disponible en: http://almeida-boyaca.gov.co/apc-aa-files/30393437663866303262373236343434/ESQUEMA_DE_ORDENAMIENTO_TERRITORIAL_ALMEIDA_2002_2011.pdf

Hernández Sampieri R; Fernández Collado, C; Baptista Lucio, P. 2008. Metodología de la Investigación. 4ª ed. México D.F., MX. McGrawhill – Interamericana. 850 p.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2010. Trampas o Metodos de Muestreo (en línea). Consultado 23 mayo 2010 . Disponible en: http://www.humboldt.org.co/humboldt/mostrarpagina.php?codpage=2000613 .

Iowa State University Entomology. 2010. Bug Guide: Identification, Images, and Information for Insects, Spiders and their Kin for the United States and Canadá (en línea). Consultado: 10 agosto 2010. Disponible en: http://bugguide.net/node/view/15740

Purdue University. 2010. Center for New Crops & Plant Products: Crop Index. West Lafayette, IN, US. Consultado 15 set 2010. Disponible en: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/Indices/index_ab.html

9. ANEXOS

Anexo 1. Demanda de nutrientes por tratamiento suplido con aplicaciones de abono orgánico para complementar la fertilización inorgánica. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Tratamiento	Requerimientos (Kg/ha)			Aporte 30 m^3 de abono (Kg/Ha)			Aplicación abono/ UE(Kg/36m^2)
	N	P	K	N	P	K	
T_1 – L	224	112	112	19	18	57	0.11
T_2 – Y	30	40	200	19	18	57	0.11
T_3 – H	112	90	90	19	18	57	0.11
T_4 – R	100	90	90	19	18	57	0.11
T_5 – M	224	112	112	19	18	57	0.11
T_6 – M(n)	224	112	112	19	18	57	0.11
T_7 – MH y	336	202	202	38	36	114	0.22
T_8– MH(n)	336	202	202	40	16	94	0.22
T_9 – YLR	172	114	168	25.27	25.27	75.81	0.14
T_{10} – YMLR	396	226	280	44.27	41.94	132.81	0.25
T_{11} – YHLR	284	204	258	44.27	41.94	132.81	0.25
T_{12} – Pol	508	316	370	101.27	95.94	303.81	0.36
T_{13} – Pol (n)	508	316	370	101.27	95.94	303.81	0.36
T_{14} – Pol 50%	254	158	185	101.27	95.94	303.81	0.36
T_{15} – Pol 75%	381	237	277.5	101.27	95.94	303.81	0.36
T_{16}–Pol125%	635	395	462.5	101.27	95.94	303.81	0.36

Fuente: Ruiz y Pérez (2010). Anteproyecto de graduación Zamorano.

Anexo 2. Dosis de fertilización requerida para suplir la demanda de nutrientes de cada tratamiento y las dosis aplicadas quincenalmente. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

	Fertilización sintética (Kg/Ha)			**Aplicación fertilizante quincenal (g/UE)**		
	N	**P**	**K**	**Úrea**	**MAP**	**KNO_3**
T_1 – L	205	94	55	669.00	277.00	215.00
T_2 – Y	11	22	143	0.00	0.00	185.00
T_3 – H	93	72	33	272.00	212.00	129.00
T_4 – R	81	72	33	225.00	212.00	129.00
T_5 – M	205	94	55	669.00	277.00	215.00
T_6 – M(n)	205	94	55	669.00	277.00	215.00
T_7 – MH y	298	166	88	941.00	490.00	344.00
T_8– MH(n)	296	186	108	896.00	549.00	423.00
T_9 – YLR	146.73	88.73	92.19	0.00	0.00	234.00
T_{10} – YMLR	351.73	184.06	147.19	1,106.00	527.00	450.00
T_{11} – YHLR	239.73	162.06	125.19	660.00	417.00	363.00
T_{12} – Pol	444.73	256.06	180.19	1,544.00	767.00	665.00
T_{13} – Pol (n)	444.73	256.06	180.19	1,544.00	767.00	665.00
T_{14} – Pol 50%	222.36	128.03	90.095	1,160.00	533.00	303.00
T_{15} – Pol 75%	333.55	192.05	135.14	792.00	0.00	59.00
T_{16}–Pol125%	555.91	320.08	225.24	1,928.00	1,001.00	1,027.00

Fuente: Pérez y Ruiz (2010). Anteproyecto de graduación Zamorano.

Anexo 3. Número de individuos de cada familia de vertebrados (*) e invertebrados encontrados a los 10 y 24 días de establecidos los tratamientos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Muestreo 1 (10 días)			Muestreo 2: (24 días)		
ORDEN	**FAMILIA**	**N°**	**ORDEN**	**FAMILIA**	**N°**
Araneae	Araneidae	160	Araneae	Araneidae	66
Coleoptera	Chrysolmelidae	293	Blattodea	Blattellidae	4
Coleoptera	Coccinelidae	4	Coleoptera	Chrysolmelidae	280
Dermaptera	Forficulidae	1	Coleoptera	Coccinelidae	6
Diptera	Dolichopodidae	124	Coleoptera	Languriidae	2
Diptera	Muscidae	37	Coleoptera	Tenebionidae	1
Diptera	Syrphidae	27	Dermaptera	Forficulidae	23
Diptera	Syrphidae	24	Diptera	Dolichopodidae	140
Diptera	Bibionidae	15	Diptera	Syrphidae	62
Diptera	Calliphoridae	7	Diptera	Tachinidae	46
Diptera	Anthomyiidae	3	Diptera	Lonchaeidae	23
Diptera	Drosophilidae	3	Diptera	Drosophilidae	14
Diptera	Lonchaeidae	1	Diptera	Micropezidae	8
Hemiptera	Delphacidae	80	Diptera	Muscidae	5
Hemiptera	Reduviidae	35	Diptera	Bibionidae	4
Hemiptera	Pyrrhocoridae	24	Diptera	Calliphoridae	4
Hemiptera	Cicadellidae	10	Diptera	Tipulidae	4
Hemiptera	Miridae	8	Diptera	Lauxaniidae	3
Hemiptera	Coreidae	3	Hemiptera	Cicadellidae	57
Hemiptera	Pentatomidae	3	Hemiptera	Miridae	46
Hemiptera	Cercopidae	1	Hemiptera	Reduviidae	40
Hymenoptera	Formicidae	435	Hemiptera	Aphidae	16
Hymenoptera	Scelionidae	37	Hemiptera	Coreidae	11
Hymenoptera	Scoliidae	1	Hemiptera	Lygaeidae	7
Lepidoptera	Pieridae	10	Hemiptera	Membracidae	7
Lepidoptera	Arctiidae	9	Hemiptera	Aleyrodidae	6
Lepidoptera	Pyralidae	6	Hemiptera	Pentatomidae	6
Lepidoptera	*Desconocida*	2	Hemiptera	Pyrrhocoridae	3
Odonata	Libellulidae	1	Hymenoptera	Scelionidae	159
Orthoptera	Acrididae	16	Hymenoptera	Formicidae	38
			Hymenoptera	Vespidae	10
			Hymenoptera	Apidae	5
			Lepidoptera	*Arctiidae*	*19*
			Lepidoptera	Pyralidae	6
			Lepidoptera	Noctuidae	5
			Lepidoptera	Pieridae	4
			Lepidoptera	Lycaenidae	2
			Odonata	Libellulidae	1

			Orthoptera	Acrididae	8
			Phasmatodea	Diapheromeridae	1
			*CLASE: Amphibia	Orden: Anura	4
			*CLASE: Mammalia	Orden: Lagomorpha	1
CLASE: Diplopoda Orden: Polydesmida	Paradoxosomatidae	1	CLASE: Diplopoda Orden: Polydesmida	Paradoxosomatidae	4
TOTAL	**1,381**				**1,161**

Anexo 4. Número de individuos de cada familia de vertebrados (*) e invertebrados encontrados a los 40 y 58 días de establecidos los tratamientos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Muestreo 3 (40 días)			**Muestreo 4 (58 días)**		
Orden	**Familia**	**N°**	**Orden**	**Familia**	**N°**
Araneae	Araneidae	110	Araneae	Araneidae	59
Blattodea	Blattellidae	3	Coleoptera	Chrysolmelidae	41
Coleoptera	Chrysolmelidae	323	Coleoptera	Bruchidae	25
Coleoptera	Coccinelidae	11	Coleoptera	Coccinelidae	24
Coleoptera	Languriidae	4	Coleoptera	Lampyridae	6
Coleoptera	Carabidae	2	Coleoptera	Carabidae	1
Coleoptera	Lampyridae	2	Dermaptera	Forficulidae	59
Dermaptera	Forficulidae	64	Diptera	Dolichopodidae	106
Diptera	Dolichopodidae	179	Diptera	Tachinidae	49
Diptera	Tachinidae	64	Diptera	Ulidiidae	49
Diptera	Syrphidae	45	Diptera	Muscidae	45
Diptera	Drosophilidae	20	Diptera	Syrphidae	34
Diptera	Ulidiidae	9	Diptera	Lonchaeidae	17
Diptera	Stratiomyidae	7	Diptera	Calliphoridae	10
Diptera	Calliphoridae	6	Diptera	Anthomyiidae	9
Diptera	Muscidae	5	Diptera	Drosophilidae	6
Diptera	Bibionidae	3	Diptera	Tabanidae	6
Hemiptera	Lygaeidae	56	Diptera	Tipulidae	3
Hemiptera	Reduviidae	18	Diptera	Bibionidae	2
Hemiptera	Pentatomidae	16	Diptera	Lauxaniidae	1
Hemiptera	Cicadellidae	14	Diptera	Stratiomyidae	1
Hemiptera	Coreidae	13	Hemiptera	Aphidae	13
Hemiptera	Membracidae	8	Hemiptera	Coreidae	12

Hemiptera	Delphacidae	5	Hemiptera	Membracidae	12
Hemiptera	Miridae	5	Hemiptera	Pentatomidae	8
Hemiptera	Aphidae	3	Hemiptera	Lygaeidae	7
Hemiptera	Membracidae	2	Hemiptera	Delphacidae	6
Hemiptera	Pyrrhocoridae	2	Hemiptera	Reduviidae	5
Hemiptera	Cercopidae	1	Hemiptera	Cicadellidae	3
Hymenoptera	Formicidae	62	Hemiptera	Pseudococcidae	2
Hymenoptera	Scelionidae	27	Hemiptera	Cercopidae	1
Hymenoptera	Formicidae	21	Hemiptera	Gerridae	1
Hymenoptera	Vespidae	16	Hemiptera	Pyrrhocoridae	1
Hymenoptera	Apidae	3	Hymenoptera	Formicidae	78
Hymenoptera	Sphecidae	3	Hymenoptera	Vespidae	20
Hymenoptera	Chalcididae	2	Hymenoptera	Scelionidae	8
Lepidoptera	Arctiidae	8	Hymenoptera	Apidae	4
Lepidoptera	*Desconocida*	6	Hymenoptera	Chalcididae	2
Lepidoptera	Noctuidae	4	Hymenoptera	Scoliidae	1
Lepidoptera	Pieridae	2	Hymenoptera	Sphecidae	1
Lepidoptera	Pyralidae	2	Lepidoptera	Arctiidae	15
Neuroptera	Mantispidae	1	Lepidoptera	*Desconocida*	9
Orthoptera	Tettigoniidae	18	Lepidoptera	Lycaenidae	2
Phasmatodea	Diapheromeridae	3	Lepidoptera	Noctuidae	2
Odonata	Libellulidae	22	Lepidoptera	Pieridae	2
*CLASE: Amphibia	Orden: Anura	15	Lepidoptera	Pyralidae	1
			Neuroptera	Coniopterygidae	1
*CLASE: Diplopoda Orden: Polydesmida	Paradoxosomatidae	1	Neuroptera	Mantispidae	1
			Odonata	Libellulidae	33
			Orthoptera	Tettigoniidae	11
TOTAL		**1,216**			**815**

Anexo 5. Tratamientos con diferencias significativas entre sí para el número de individuos Hymenoptera a 10 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Tratamiento 1	Tratamiento 2	Probabilidad asociada
Habichuela	Policultivo 125%	0.026
Lechuga	Policultivo 125%	0.026
Yuca	Policultivo 125%	0.026
Maíz	Policultivo 125%	0.026
Maíz (n)	Policultivo 125%	0.026
Policultivo	Policultivo 125%	0.026
MH	Policultivo 125%	0.026
YLR	Policultivo 125%	0.026

Anexo 6. Tratamientos con diferencias significativas entre sí para el número de individuos Chrysomelidae a 10 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Tratamiento 1	Tratamiento 2	Probabilidad asociada
Rábano	Policultivo 75%	0.042
Maíz (n)	Policultivo 75%	0.050
Yuca	Policultivo 75%	0.020
YLR	Policultivo 75%	0.033

Anexo 7. Tratamientos con diferencias significativas entre sí para el número de individuos Chrysomelidae a 24 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Tratamiento 1	Tratamiento 2	Probabilidad asociada
Policultivo (n)	Yuca	0.021
Policultivo 75%	Yuca	0.015

Anexo 8. Tratamientos con diferencias significativas entre sí para el número de individuos Hymenoptera a 40 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Tratamiento 1	Tratamiento 2	Probabilidad asociada
Habichuela	YLR	0.036

Anexo 9. Tratamientos con diferencias significativas entre sí para el número de individuos Chrysomelidae a 40 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Tratamiento 1	Tratamiento 2	Probabilidad asociada
Yuca	Habichuela	0.001
Maíz	Habichuela	0.033
Maíz (n)	Habichuela	0.050
Pol 125%	Habichuela	0.021
YMLR	Habichuela	0.010
MH (n)	Habichuela	0.026
YLR	Habichuela	<0.001

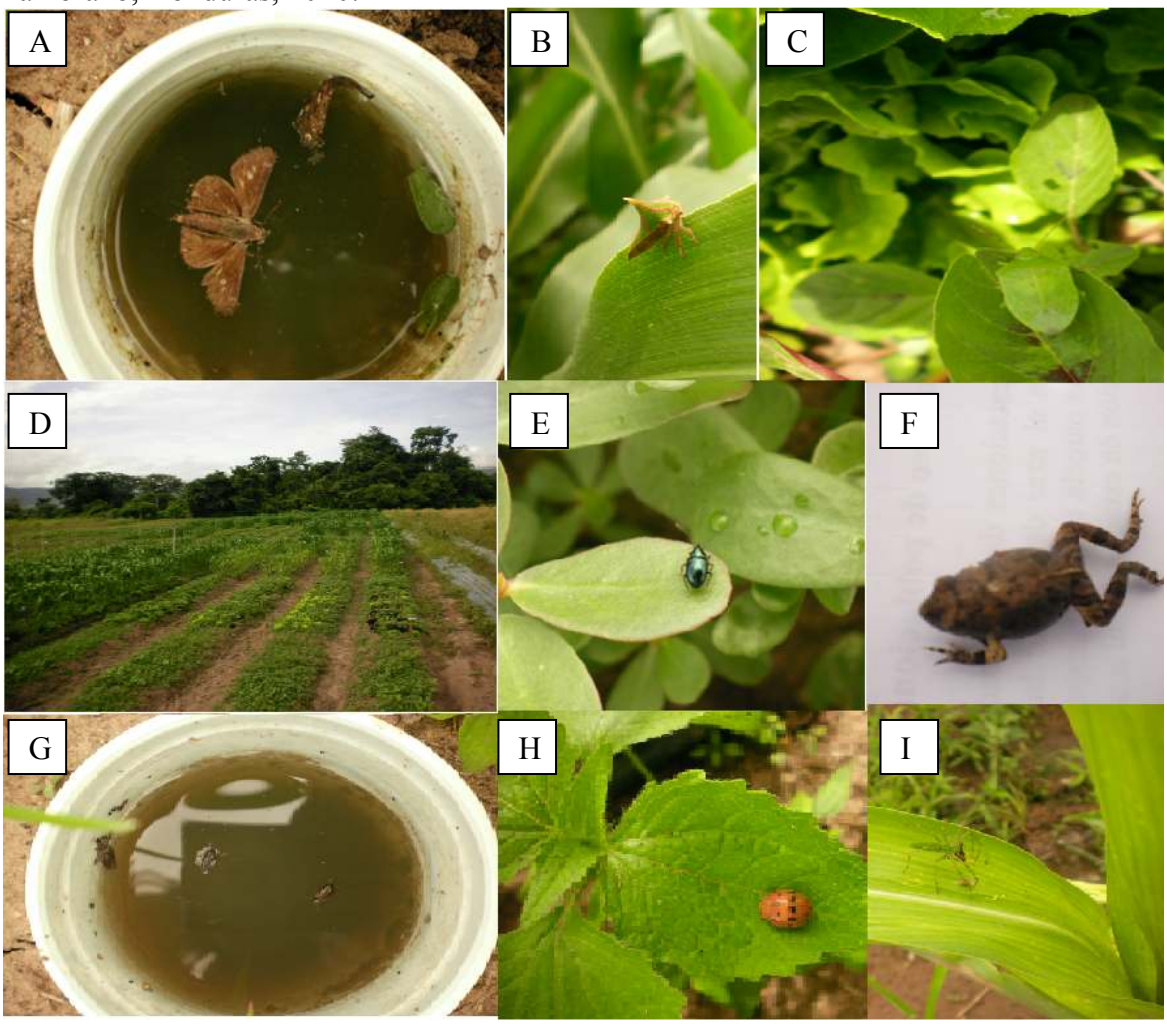
Anexo 10. Tratamientos con diferencias significativas entre sí para el número de individuos Diptera a 58 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Tratamiento 1	Tratamiento 2	Probabilidad asociada
Yuca	Policultivo (n)	0.046

Anexo 11. Resultados del análisis de varianza en policultivos y monocultivos para área foliar y porcentaje de defoliación. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Medición		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
A. Área Foliar (cm^2)	Intergrupos	3,8702.99	1	38,702.99	15.69	0.001
	Intragrupos	5,1814.77	21	2,467.37		
	Total	9,0517.76	22			
B. Defoliación (%)	Intergrupos	93.88	1	93.88	1.56	0.225
	Intragrupos	1,263.26	21	60.15		
	Total	1,357.14	22			

Anexo 12. Fotografías de algunas de los organismos observados en el estudio. EAP Zamorano, Honduras, 2010.



A) Individuo de Hesperiidae (Lepidoptera), capturado en las trampas de caída.
B) Membracidae (Hemiptera) en maíz.
C) Insecto hoja (Hemiptera: Pentatomidae)
D) Vista general de las unidades experimentales en Zamorano.
E) Coleoptera: Chrysomelidae. "Caparazón azul metálico" en hoja de verdolaga (*Portulaca oleracea*)
F) Anfibio joven muerto encontrado en una de las parcelas de YHLR
G) Coleoptera: Carabidae. Depredador terrestre en trampas de caída.
H) Coleoptera: Coccinellidae. Mariquita, depredador de áfidos
I) Araneae: Oxypodidae, comiendo un individuo del orden Diptera.

Anexo 13. Análisis de varianza (ANDEVA) de los grupos de insectos para el primer muestreo. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Grupos de insectos		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Arañas	Intergrupos	126.23	15	8.42	1.17	0.327
	Intragrupos	345.75	48	7.20		
	Total	471.98	63			
Hymenoptera	**Intergrupos**	**53.36**	**15**	**3.56**	**2.50**	**0.008**
	Intragrupos	**68.25**	**48**	**1.42**		
	Total	**121.61**	**63**			
Díptera	Intergrupos	354.00	15	23.60	1.46	0.161
	Intragrupos	778.00	48	16.21		
	Total	1,132.00	63			
Hormigas	Intergrupos	263.48	15	17.57	1.01	0.464
	Intragrupos	837.25	48	17.44		
	Total	1,100.73	63			
Otros benéficos	Intergrupos	72.48	15	4.83	0.53	0.908
	Intragrupos	433.75	48	9.04		
	Total	506.23	63			
Chrysomelidae	**Intergrupos**	**556.61**	**15**	**37.11**	**2.39**	**0.011**
	Intragrupos	**745.25**	**48**	**15.53**		
	Total	**1,301.86**	**63**			
Hemiptera	Intergrupos	35.23	15	2.35	1.56	0.122
	Intragrupos	72.25	48	1.51		
	Total	107.48	63			
Lepidoptera	Intergrupos	10.36	15	0.69	1.43	0.174
	Intragrupos	23.25	48	0.48		
	Total	33.61	63			
Orthoptera	Intergrupos	9.00	15	0.60	0.93	0.540
	Intragrupos	31.00	48	0.65		
	Total	40.00	63			

Anexo 14. Análisis de varianza (ANDEVA) de los grupos de insectos para el segundo muestreo. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Grupos de insectos		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Arañas	Intergrupos	17.61	15	1.17	0.68	0.794
	Intragrupos	83.25	48	1.73		
	Total	100.86	63			
Hymenoptera	Intergrupos	27.11	15	1.81	0.79	0.678
	Intragrupos	109.25	48	2.28		
	Total	136.36	63			
Diptera	Intergrupos	173.61	15	11.57	0.85	0.622
	Intragrupos	655.25	48	13.65		
	Total	828.86	63			
Hormigas	Intergrupos	17.44	15	1.16	0.59	0.865
	Intragrupos	94.00	48	1.96		
	Total	111.44	63			
Otros benéficos	Intergrupos	80.50	15	5.37	1.29	0.244
	Intragrupos	199.50	48	4.16		
	Total	280.00	63			
Chrysomelidae	**Intergrupos**	**325.75**	**15**	**21.72**	**2.46**	**0.009**
	Intragrupos	**424.00**	**48**	**8.83**		
	Total	**749.75**	**63**			
Hemiptera	Intergrupos	96.94	15	6.46	1.16	0.337
	Intragrupos	268.50	48	5.59		
	Total	365.44	63			
Lepidoptera	Intergrupos	13.25	15	0.88	1.60	0.109
	Intragrupos	26.50	48	0.55		
	Total	39.75	63			
Orthoptera	Intergrupos	1.48	15	0.10	0.58	0.879
	Intragrupos	8.25	48	0.17		
	Total	9.73	63			
Otras_plagas	Intergrupos	1.36	15	0.09	1.34	0.217
	Intragrupos	3.25	48	0.07		
	Total	4.61	63			

Anexo 15. Análisis de varianza (ANDEVA) de los grupos de insectos para el tercer muestreo. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Arañas	Intergrupos	64.43	13	4.96	1.26	0.276
	Intragrupos	165.50	42	3.94		
	Total	229.93	55			
Hymenoptera	**Intergrupos**	**52.80**	**13**	**4.06**	**2.25**	**0.024**
	Intragrupos	**75.75**	**42**	**1.80**		
	Total	**128.55**	**55**			
Diptera	**Intergrupos**	**776.93**	**13**	**59.76**	**2.01**	**0.045**
	Intragrupos	**1,251.00**	**42**	**29.79**		
	Total	**2,027.93**	**55**			
Hormigas	Intergrupos	66.88	13	5.14	1.81	0.073
	Intragrupos	119.25	42	2.84		
	Total	186.13	55			
Otros benéficos	Intergrupos	120.73	13	9.29	0.85	0.605
	Intragrupos	457.25	42	10.89		
	Total	577.98	55			
Chrysomelidae	**Intergrupos**	**834.21**	**13**	**64.17**	**3.84**	**0.000**
	Intragrupos	**702.00**	**42**	**16.71**		
	Total	**1,536.21**	**55**			
Hemiptera	Intergrupos	142.73	13	10.98	1.64	0.112
	Intragrupos	281.25	42	6.70		
	Total	423.98	55			
Lepidoptera	Intergrupos	6.38	13	0.49	1.40	0.202
	Intragrupos	14.75	42	0.35		
	Total	21.13	55			
Orthoptera	Intergrupos	6.30	13	0.48	0.92	0.545
	Intragrupos	22.25	42	0.53		
	Total	28.55	55			
Otras plagas	Intergrupos	40.23	13	3.09	0.83	0.623
	Intragrupos	155.75	42	3.71		
	Total	195.98	55			

Anexo 16. Análisis de varianza (ANDEVA) de los grupos de insectos para el cuarto muestreo. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Grupos de insectos		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P
Arañas	Intergrupos	12.31	12	1.03	0.54	0.873
	Intragrupos	73.75	39	1.89		
	Total	86.06	51			
Hymenoptera	Intergrupos	11.08	12	0.92	1.06	0.419
	Intragrupos	34.00	39	0.87		
	Total	45.08	51			
Diptera	**Intergrupos**	**437.27**	**12**	**36.44**	**2.56**	**0.013**
	Intragrupos	**555.50**	**39**	**14.24**		
	Total	**992.77**	**51**			
Hormigas	Intergrupos	12.92	12	1.08	0.78	0.666
	Intragrupos	53.75	39	1.38		
	Total	66.67	51			
Otros benéficos	Intergrupos	86.81	12	7.23	1.12	0.370
	Intragrupos	251.25	39	6.44		
	Total	338.06	51			
Chrysomelidae	Intergrupos	25.92	12	2.16	1.26	0.279
	Intragrupos	66.75	39	1.71		
	Total	92.67	51			
Hemiptera	Intergrupos	60.31	12	5.03	1.72	0.099
	Intragrupos	113.75	39	2.92		
	Total	174.06	51			
Lepidoptera	Intergrupos	8.77	12	0.73	1.03	0.445
	Intragrupos	27.75	39	0.71		
	Total	36.52	51			
Orthoptera	Intergrupos	5.42	12	0.45	1.57	0.142
	Intragrupos	11.25	39	0.29		
	Total	16.67	51			
Otras plagas	Intergrupos	130.92	12	10.91	1.67	0.113
	Intragrupos	255.00	39	6.54		
	Total	385.92	51			

Anexo 17. Separación de medias por el método Tukey para el grupo Hymenoptera a 10 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Tratamientos	P	
	a	b
Habichuela	0.00	
Lechuga	0.00	
Yuca	0.00	
Maíz	0.00	
Maíz (n)	0.00	
Pol	0.00	
MH	0.00	
YLR	0.00	
Rábano	0.25	
Pol 50%	0.25	
YMLR	0.50	0.50
Pol (n)	0.75	0.75
YHLR	0.75	0.75
MH (n)	1.25	1.25
Pol 75%	2.25	2.25
Pol 125%		3.25

P= Probabilidad asociada de las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Se usa el tamaño muestral de la media armónica N= 4.00.

Anexo 18. Separación de medias por el método Tukey para el grupo Chrysomelidae a 10 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Tratamientos	P	
	a	b
Yuca	0.25	
YLR	0.75	
Rábano	1.00	
Maíz (n)	1.25	
Maíz	1.75	1.75
Lechuga	2.75	2.75
Pol (n)	4.50	4.50
YMLR	4.75	4.75
MH	5.25	5.25
Habichuela	5.75	5.75
Pol 125%	6.00	6.00
Pol	6.25	6.25
MH (n)	6.50	6.50
Pol 50%	7.25	7.25
YHLR	7.50	7.50
Pol 75%		11.25

Anexo 19. Separación de medias por el método Tukey para el grupo Chrysomelidae a 24 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Tratamientos	P	
	a	b
Yuca	0.25	
YLR	2.50	2.50
Habichuela	2.75	2.75
Lechuga	2.75	2.75
Rábano	2.75	2.75
Maíz	2.75	2.75
Maíz (n)	3.75	3.75
pol 125%	3.75	3.75
YHLR	4.25	4.25
MH	4.25	4.25
YMLR	4.75	4.75
MH (n)	5.75	5.75
Pol 50%	6.50	6.50
Pol	7.00	7.00
Pol (n)		8.50
Pol 75%		8.75

Anexo 20. Separación de medias por el método Tukey para el grupo Hymenoptera a 40 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Tratamientos	Subconjunto para alfa = .05	
	a	B
Habichuela	0.00	
Yuca	0.25	0.25
MH	0.25	0.25
Maíz	0.50	0.50
Pol 125%	0.50	0.50
YHLR	0.50	0.50
MH (N)	0.50	0.50
Pol 75%	0.75	0.75
Policultivo	1.00	1.00
Maíz (n)	1.25	1.25
YMLR	1.75	1.75
Pol 50%	2.00	2.00
Pol (n)	2.50	2.50
YLR		3.50

Anexo 21. Separación de medias por el método Tukey para el grupo Chrysomelidae a 40 DDT. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

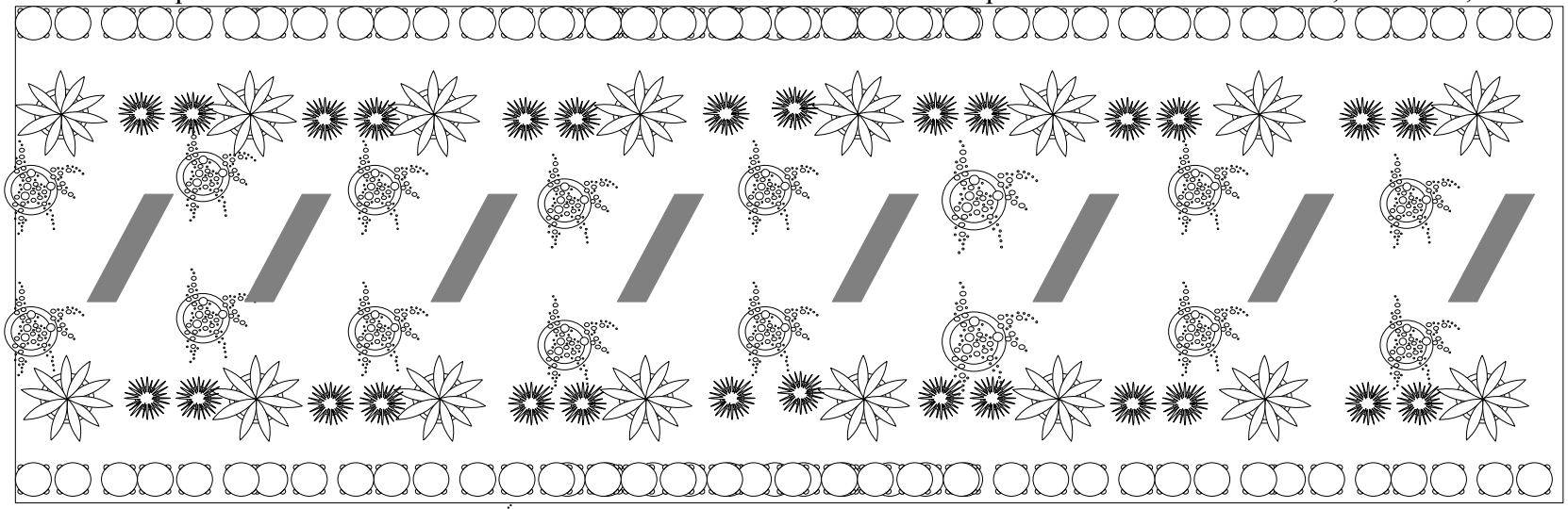
Tratamientos	Subconjunto para alfa = 0.05	
	2	1
YLR	0.50	
Yuca	1.00	
YMLR	1.25	
Maíz (n)	2.75	
Pol 125%	4.25	
MH (N)	4.50	
Maíz	4.75	
Pol (n)	5.75	
Pol 50%	6.25	6.25
Policultivo	7.00	7.00
MH	7.75	7.75
YHLR	8.50	8.50
Pol 75%	9.75	9.75
Habichuela		15.50

Anexo 22. Separación de medias por el método Tukey para el grupo Diptera a 58 DDT**.** EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Tratamientos	Subconjunto para alfa = 0.05	
	a	b
Yuca	0.25	
YLR	0.50	0.50
YHLR	2.50	2.50
Maíz (N)	3.25	3.25
MH (N)	4.00	4.00
YMLR	4.25	4.25
Maíz	5.75	5.75
Pol 50%	5.75	5.75
Pol 75%	6.75	6.75
Pol	7.75	7.75
Pol 125%	7.75	7.75
MH	8.75	8.75
Pol (n)		9.75

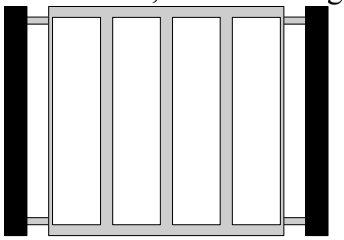
Anexo 23. Distribución espacial del diseño completamente al azar para los tratamientos del estudio; los cuadros gris oscuro son tratamientos sin plaguicida, los cuadros gris claro son tratamientos en los que se varió la cantidad de fertilizante. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

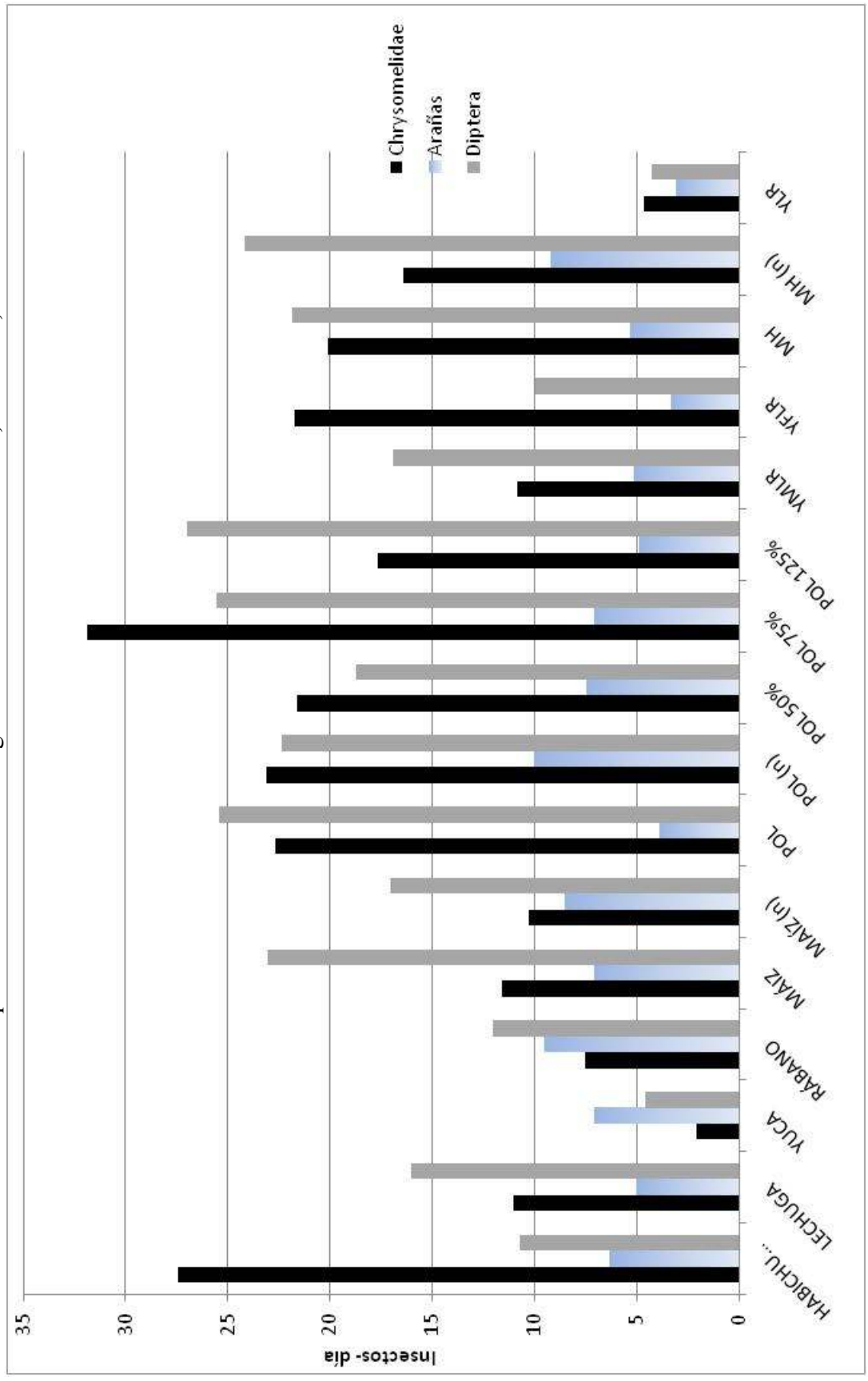
Anexo 24. Esquema de la ubicación de los cinco cultivos en los tratamientos con policultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.



Simbología: =Rábano, = Yuca, = Lechuga, = Habichuela, = Maíz

Anexo 25. Esquema general de una unidad experimental (Escala 1:200). Las barras blancas representan las camas donde se plantaron los cultivos, las barras negras representan los canales entre U.E. EAP Zamorano, Honduras, 2010.





Anexo 26. Número de insectos–día por cada muestreo a lo largo del estudio. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Anexo 27. Uso Equivalente del Terreno (UET) y rendimientos comerciales de los tratamientos con policultivos. EAP Zamorano, Honduras, 2010.

Tratamiento	UET	Rendimiento Comercial (Kg/ha)			
		Maíz	Habichuela	Lechuga	Rábano
M	-	6,545	-	-	-
M (n)	-	6,318	-	-	-
MH	1.63	8,272	150	-	-
MH (n)	2.06	9,863	200	-	-
Policultivo	2.32	8,227	150	564	500
Pol (n)	2.35	12,045	41	174	273
Pol 50%	1.86	7,500	141	436	190
Pol 75%	2.92	10,909	291	486	236
Pol 125%	2.13	9,136	104	278	300

Fuente: Pérez y Ruiz (2010).