



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ENTOMOFAUNA ASOCIADA A DOS
AGROECOSISTEMAS EN EL
SUR DEL ESTADO DE
PUEBLA

Tesis para obtener el título de:

LICENCIADO EN BIOLOGÍA

Presenta:

Aramis Ramírez Hernández

Director de Tesis:

Dr. César Antonio Sandoval Ruiz



JUNIO 2017

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
HIPÓTESIS	6
OBJETIVOS:	7
Objetivo General:	7
Objetivos Particulares:	7
MATERIAL Y MÉTODOS	8
Área de estudio	8
Diseño experimental	9
Muestreo de Entomofauna	9
Análisis de datos	12
RESULTADOS	13
Diversidad α	16
Diversidad β	21
Diversidad Gremios	25
DISCUSIÓN	31
CONCLUSIONES	36
BIBLIOGRAFÍA	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la parcela, Jolalpan, Puebla, México.	8
Figura 2. Tipos de colecta: a) Pitfall, b) Colecta directa, c) Redeo, d) Trampa Luz.....	11
Figura 3. Curvas de acumulación de especies: a) Monocultivo, b) Policultivo.....	16
Figura 4. Diversidad de morfoespecies en monocultivo y policultivo.	17
Figura 5. Perfiles de diversidad de los agroecosistemas.....	18
Figura 6. Diversidad en las fases fenológicas del monocultivo.	19
Figura 7. Diversidad en las fases fenológicas del policultivo.....	20
Figura 8. Dendrograma de similitud Morisita-Horn para las fases fenológicas de ambos agroecosistemas.....	22
Figura 9. Dendrograma de similitud Morisita-Horn monocultivo.....	23
Figura 10. Dendrograma de Similitud Morisita-Horn policultivo.....	24
Figura 11. Abundancia de gremios en dos agroecosistemas.....	26
Figura 12. Curva rango-abundancia de los gremios en el monocultivo durante su desarrollo fenológico.....	28
Figura 13. Curva rango-abundancia de los gremios en el policultivo durante su desarrollo fenológico.....	29

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Morfoespecies con mayor abundancia presentes en las fases fenológicas de Zea Mays, en dos agroecosistemas.....	14
Cuadro 2. Riqueza de especies por agroecosistema.	17
Cuadro 3. Resultados del análisis de la diversidad de los agroecosistemas.....	18
Cuadro 4. Resultados del análisis de la diversidad por fases fenológicas.....	20
Cuadro 5. Similitud entre fases fenológicas de ambos agroecosistemas.....	22
Cuadro 6. Similitud entre fases fenológicas del monocultivo y policultivo.....	24
Cuadro 7. Número de morfoespecies y abundancia por gremios.....	25
Cuadro 8. Análisis de covarianza (ANCOVAs).....	30

RESUMEN

Los insectos son organismos importantes en los agroecosistemas, debido a que son necesarios para realizar funciones claves en su estructura, como son la regulación de poblaciones perjudiciales, depredación, polinización, degradación, así mismo son fuente de alimento. Sin embargo, no son aprovechados al considerárseles nocivos para los cultivos y continuamente son eliminados con el uso de agroquímicos, lo que esta provocando la extinción de muchas especies. Por lo cual se estudió la diversidad de insectos en dos agroecosistemas (monocultivo y policultivo) en el municipio de Jolalpan al suroeste del estado de Puebla; los muestreos se realizaron de junio a noviembre del 2015 durante el desarrollo fenológico del maíz, utilizando trampas pitfall, redeo, trampa de luz y colecta directa. Los organismos fueron identificados hasta familia y morfoespecie. Se registraron un total de 7023 insectos, 4058 para el monocultivo y 2965 para el policultivo representados en 11 ordenes, 100 familias y 295 morfoespecies. El orden con mayor riqueza de familias fue Diptera con 31 mientras que el orden con mayor abundancia fue Hemiptera con 2139 individuos (52.71%); la familia con mayor riqueza de morfoespecies fue Chrysomelidae con 19; la familia más abundante fue Rhopalidae debido a que la morfoespecie *Rhopalidae* sp5 tuvo una dominancia muy alta de 1631 individuos. La fase fenológica de maduración córnea presentó la mayor riqueza y abundancia de especies para ambos agroecosistemas. Los estimadores de riqueza indican una eficiencia del 64-80% (Jackknife, Bootstrap). El perfil de diversidad mostró que entre sitios la diversidad es diferente. Los valores del índice de Jaccard muestran que los agroecosistemas tienen una mayor disimilitud que similitud. La entomofauna presente se clasificó en siete gremios alimentarios los cuales son: consumidores florales, depredadores, fitófagos masticadores, fitófagos succionadores, parasitoides, omnívoros y saprófagos. El gremio de los fitófagos succionadores fue el dominante en el monocultivo mientras que el gremio de los depredadores fue el más abundante en el policultivo. Se recomienda seguir implementando la siembra de policultivos ya que estos pueden contribuir a la preservación de la diversidad de insectos.

INTRODUCCIÓN

La agricultura surgió aproximadamente hace 11000-11500 años, en el sureste asiático (Robledo-Arratia, 2014), desarrollándose a través de conocimientos transmitidos de generación en generación siendo esta su principal característica.

Anteriormente, los sistemas agrícolas (agroecosistemas) surgían a través de siglos de evolución biológica, cultural y representaban experiencias acumuladas de interacciones entre el ambiente y los agricultores sin acceso a insumos externos, capital o conocimiento científico (Altieri, 1991). Basados principalmente en una diversidad de cultivos que exhiben interacciones complejas asociados en el tiempo y el espacio, permitiendo a los agricultores maximizar la seguridad de cosecha aún con niveles bajos de tecnologías (Jen-Hu, 1977), mientras que ahora son producto de una evolución estructural que sustituye interacciones ecológicas (Altieri, 1991).

Actualmente la agricultura pasa por un proceso de modernización en el cual las exigencias inmediatas de la producción se imponen sobre los ciclos ecológicos rompiendo el equilibrio ambiental (Ramírez-Juárez, 2013) para producir a grandes escalas y supuestamente de una manera más eficiente por lo cual se emplean diferentes tipos de agricultura.

Monocultivo y Policultivo

Monocultivo.- Se caracteriza por la siembra de un solo cultivo, son ambientes poco favorables, emplean un alto consumo de insumos en tecnologías como energía, abonos químicos sintéticos, pesticidas y herbicidas.

Este modelo fue arraigado en la década de los 50, y se basa en un sistema de alta producción con una mayor eficiencia dependiente de las herramientas tecnológicas disponibles. En ésta se prepara el suelo con labranza mínima o intensiva, emplean semillas tradicionales, mejoradas o certificadas como tratadas. Nutren y protegen al cultivo con químicos y tienden a sembrar grandes cantidades por el uso de las herramientas que facilitan la producción de monocultivos. Pero,

actualmente, enfrenta problemas por su uso intensivo ya que saturan los agroecosistemas (Altieri, 1999).

Es un modelo agrícola dominante (derivado de la Revolución Verde), crea ecosistemas simplificados por lo que es muy inestable, facilitando el surgimiento de enfermedades y plagas. Esto es una de las principales amenazas contra la biodiversidad, debido al uso intensivo de agroquímicos y la utilización de un número reducido de especies y variedades mejoradas, además de otras tecnologías que conducen a la pérdida de especies silvestres beneficiosas por su rol ecológico en los ecosistemas naturales y modificados (Stupino *et al.*, 2014).

Los monocultivos son ambientes poco favorables para los enemigos naturales de las plagas, debido a los altos niveles de perturbación y a la falta de nichos ecológicos por lo que los depredadores y parasitoides no se dan abasto para regular las plagas (Landis *et al.*, 2000)

Policultivo.- En la misma parcela se siembran de dos o más cultivos al mismo tiempo, compartiendo los recursos durante su crecimiento logrando una mayor protección del suelo, se afectan las poblaciones de malezas. Obteniéndose un máximo aprovechamiento del área utilizada, además de una mayor diversificación de la producción (Alemán, 1997). La ventaja de estos cultivos sobre los monocultivos es que hay un mejor aprovechamiento de los recursos por parte de los cultivos que comparten el suelo, incrementando la productividad (Caviglia *et al.*, 2004).

Este tipo de agroecosistema presenta efectos benéficos sobre las plagas, ya que al incrementar la diversidad florística aumenta las especies de reguladores biológicos naturales, así como los recursos disponibles y el número de interacciones entre plantas, insectos y enemigos naturales, además de incorporar material orgánico al suelo (Root, 1973).

En estos últimos años, la investigación con este sistema se puso de moda al estar pretendiendo ser utilizada como una mera técnica o instrumento metodológico para comprender y mejorar el funcionamiento, así como la dinámica de los sistemas agrarios para solventar la gran cantidad de problemas técnico-agronómicos que las ciencias agrarias de los monocultivos no han logrado solventar (Sevilla, 2000). Este agroecosistema está encaminado hacia los productores que siembran para su

autoconsumo que principalmente son los de las zonas con marginación social, debido a que a pequeñas escalas las ganancias son favorables mientras que a grandes escalas económicamente no sería redituable pero sería una manera para disminuir la explotación agrícola.

La biodiversidad en los agroecosistemas

Se define como biodiversidad a la variabilidad entre organismos vivientes de todo tipo u origen, incluyendo entre otros ecosistemas terrestres y acuáticos, así como los complejos ecológicos de los cuales ellos forman parte. Esta definición abarca la diversidad biológica en tres niveles jerárquicos relacionados: diversidad dentro de las especies (genética), entre las especies (específica) y de los ecosistemas (ecosistémica) (Gaston, 1996) por lo que este estudio se enfocará a la biodiversidad de los ecosistemas.

La biodiversidad influye en las funciones que abastecen de servicios ecosistémicos y dan sustentabilidad a los agroecosistemas, además de otros sistemas más allá de la producción de alimentos, fibra y combustibles (Gliessman, 2002). Sin embargo, no siempre se ve desde esta perspectiva.

La diversidad biológica agrícola o agrobiodiversidad comprende todos los componentes de la diversidad biológica que constituyen el ecosistema agrícola, las variedades y variabilidad de animales, plantas y microorganismos a nivel genético, de especies y de ecosistemas, necesarios para mantener las funciones principales de los ecosistemas agrarios, su estructura y procesos (Stupino *et al.*, 2014).

Escobar (2006) menciona que la diversidad es un subconjunto que compite en espacio y recursos, la agricultura al ser parte de la biodiversidad también es causa de la disminución o desaparición, ya que se trata de una diversidad que depende del manejo que emplee el ser humano contribuyendo a la conservación o pérdida de ésta. Ramírez y Alvarado (1986), realizaron un estudio sobre la fluctuación poblacional de insectos que inciden en el cultivo de maíz de temporal, donde encontraron 13 especies, de las cuales cuatro consideran fitófagas, y dos especies son consideradas benéficas ya que son depredadoras. Aragón (1987) identificó

cinco órdenes: Coleoptera, Lepidoptera, Hemiptera, Neuroptera y Dermaptera, de los cuales describe a siete familias perjudiciales para el cultivo de maíz considerándolas fitófagas. Mientras, Herrera *et al.*, (2005) analizaron la diversidad y abundancia de la artropodofauna de dos agroecosistemas un monocultivo y un policultivo, colectando 2112 individuos, el policultivo registro la mayor abundancia, los órdenes que encontraron fueron Hymenoptera, Coleoptera, Diptera y Hemiptera. Martínez *et al.*, (2011) en un monocultivo y policultivo de maíz encontraron mayor abundancia en el monocultivo ya que colectaron un total de 1,388 artrópodos, de estos 717 en el cultivo de maíz y 671 en maíz-frijol. Los insectos de los órdenes Coleoptera e Hymenoptera fueron los de mayor abundancia y tenían la mayor diversidad de familias.

Montañez (2014) realizó un trabajo sobre la abundancia, riqueza y composición faunística de la entomofauna asociada a cultivos hortícolas monocultivos contra policultivos encontrando que la abundancia relativa de fitófagos en relación al total de insectos colectados, fue superior en huertas de monocultivo que en policultivo. Todos los órdenes de insectos aumentaron los valores de riqueza de especies en huertas de policultivo, atribuyendo esto a la ausencia de químicos nocivos y el laboreo menos agresivo del suelo. Mientras, que en los sistemas de producción más intensivos aumenta la abundancia de insectos fitófagos y disminuye la de entomófagos coincidiendo con Cuesta (2011) que un monocultivo tendrá una menor diversidad que un policultivo.

Esta tesis consideró factores que tienen un efecto sobre la diversidad de insectos, los cuales son: el tipo de agroecosistema, tipo de manejo que se emplea, la diversidad florística y las fases fenológicas del maíz. Por lo que este trabajo puede aportar información sobre la diversidad en los agroecosistemas dependiendo la fase fenológica en la que se encuentran un monocultivo o policultivo. Además del aporte ecológico que proporcionan estos agroecosistemas para conservación o pérdida de la diversidad de insectos. Así como, por la importancia de los insectos de acuerdo a sus atributos alimentarios que desempeñan un papel elemental como control natural o plaga en el agroecosistema donde se encuentren.

HIPÓTESIS

1.- Los monocultivos al ser sistemas agrícolas simples reducen la diversidad y abundancia de plantas, influyendo en el empobrecimiento de las fuentes de alimento y hábitats, contribuyendo esto a la pérdida de diversidad de insectos. Por lo cual en el policultivo habrá una mayor diversidad de insectos con respecto a un monocultivo.

2.- En las distintas fases fenológicas de *Z. mays*, las plantas están susceptibles a ser colonizadas o atacadas por algunos insectos; durante la maduración lechosa de *Zea mays* se presentarán las lluvias más frecuentes, éstas influirán en el movimiento poblacional de los insectos, por lo que se espera una mayor diversidad de insectos en dicha fase.

3.- Conforme el *Z. mays* va desarrollándose (cambios en morfología y fisiología), se espera que varíe la disponibilidad de recursos, influyendo en la estructura de la comunidad y la diversidad de gremios tróficos de insectos. Debido a esto en cada etapa fenológica habrá un cambio en las abundancias de los gremios tanto en el monocultivo como en el policultivo.

OBJETIVOS:

Objetivo General:

Determinar la entomofauna presente en dos agroecosistemas de *Z. mays* del suroeste del estado de Puebla.

Objetivos Particulares:

Caracterizar la diversidad de insectos (Riqueza y Abundancia) bajo dos tipos de manejo de cultivo de maíz.

Conocer el recambio de la comunidad de insectos durante las fases fenológicas del maíz.

Determinar los gremios alimenticios de la entomofauna asociada a los agroecosistemas de maíz.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

La comunidad de Santa María Jolalpan pertenece al municipio de Jolalpan y forma parte de la sierra mixteca poblana, dentro de la Sierra Madre del Sur. Se localiza en la parte sureste del Estado de Puebla con las coordenadas $18^{\circ} 12' 18'' - 18^{\circ} 27' 54''$ Norte; $98^{\circ} 46' 24'' - 99^{\circ} 04' 06''$ Oeste, colindando al sur con Cohetzala y el estado de Guerrero, al norte con Teotlalco y el Estado de Morelos, al poniente con el estado de Guerrero y Morelos y al oeste con Huehuetlán el Chico (Fig. 1); tiene una superficie de 600.15km^2 . Presenta alturas que van de los 800 a 1,800 metros sobre el nivel del mar, su clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano, siendo el mes de mayo el más cálido. La vegetación que predomina es la selva baja caducifolia (INEGI,1987).

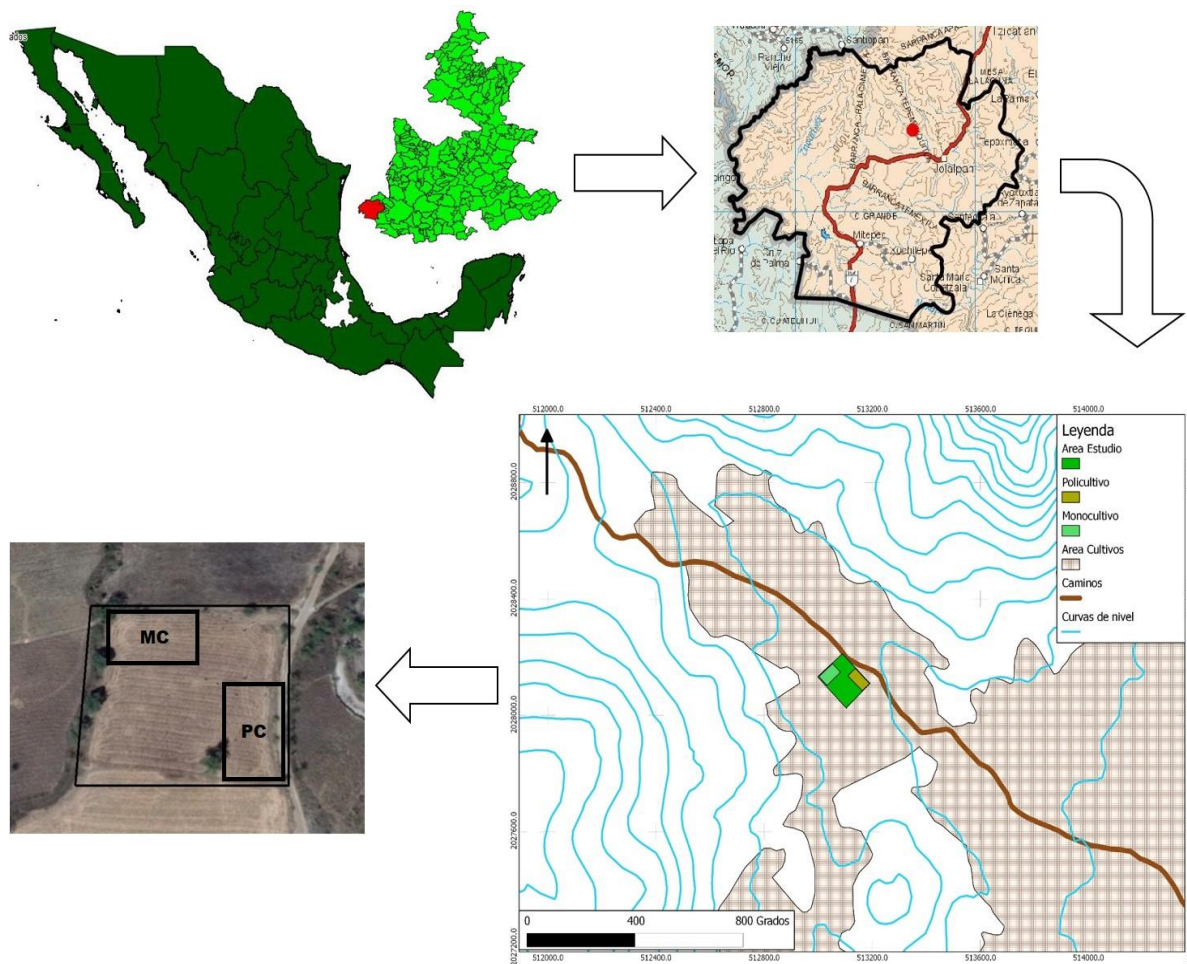


Figura 1. Localización de la zona de estudio en donde se ubica la parcela, Jolalpan, Puebla, México (Mapa Realizado en QGIS versión 1.7)

Diseño experimental

El estudio se realizó durante el ciclo agrícola de temporal 2015 (Junio-Noviembre). Consistió en seleccionar una parcela con un área de 2.5 ha., donde se establecieron dos agroecosistemas cada uno de 975 m² y el resto de la parcela fue sembrado de acuerdo a la forma tradicional que utiliza el productor, los agroecosistemas fueron: un monocultivo (maíz) y otro policultivo (maíz blanco criollo, calabaza y frijol). Ambos agroecosistemas presentaron diez surcos de 75 m de largo ambos en las mismas condiciones agroecológicas y separados 50 m entre estos. Un mes antes de realizar los trabajos de preparación del suelo para la siembra, se aplicó abono orgánico (estiércol de ganado) en toda la parcela.

Para la siembra del monocultivo se realizaron surcos con la yunta a una distancia promedio de 80 cm entre surco y surco, en cada surco se colocaron matas, de cuatro semillas de maíz híbrido, separadas 50 cm entre cada una y se cubrieron con un poco de suelo. Se les dio cultivo de tierra tres veces cada quince días y se abonaron con urea, en dos ocasiones se les aplicó herbicida con un periodo de 30 días entre estos dos.

Para la siembra del policultivo se realizaron surcos con yunta a una distancia de 90 cm entre surco y surco. La semilla que se utilizó (maíz criollo, calabaza y frijol), se mezcló con FERTIBUAP de acuerdo a las indicaciones en la etiqueta. Se sembraron cinco semillas de maíz por cada mata, a una distancia de 80 cm, depositando dos semillas de frijol cada cinco matas de maíz y dos semillas de calabaza cada 10 matas de maíz, las semillas fueron cubiertas con 80 gramos de abono (estiércol de ganado) y suelo. Se les dio cultivo de tierra tres veces cada quince días aplicando en cada una 80 gramos de abono (estiércol de ganado), debido a que las lluvias no fueron constantes no fue necesario realizar el manejo de arvenses.

Muestreo de Entomofauna

Se emplearon cuatro métodos de colecta, se realizaron seis muestreos; el primero se realizó en la fase de aparición de hojas (AH), posteriormente en panoja (PA),

luego en espiga (ES), maduración lechosa (ML), maduración pastosa (MP) y finalmente maduración córnea (MC). AH se realizó en agosto, posteriormente PA asimismo ES en septiembre, ML junto con MP en octubre y MC en noviembre dos días antes de la cosecha. Cabe mencionar que se excluyó la fase de emergencia debido a que no se muestreó durante esa fase. Los métodos de muestreo fueron los siguientes:

Trampas Pitfall:

Estas consistieron en un recipiente de plástico con 9 cm de diámetro y 15 cm de altura que fueron enterrados, permaneciendo la boquilla a ras del suelo y tratando de perturbar lo menos posible el ambiente que lo rodea para que el funcionamiento de estas fuera eficaz. Las trampas se cubrieron con hojas y piedras para evitar el desbordamiento de éstas en caso de lluvia. El líquido contenido en las trampas era anticongelante para preservar las muestras; cabe mencionar que no se les colocó ningún tipo de atrayente (Fig. 2a). Se colocaron un total de 12 trampas, seis en cada agroecosistema, distribuidas en los surcos cuatro y seis (tres trampas en cada uno), con intervalos de 19 m entre cada trampa. Se colocaron a principios de cada fase fenológica y se recogió cuando estas estaban por cambiar de fase fenológica, hasta que se cosechó.

Colecta Directa:

En cada planta se buscaron de manera visual a los organismos, los cuales se colectaron con pinzas entomológicas o con las manos (Fig. 2b); se colectaron en cinco surcos por agroecosistema, colectando los organismos presentes en 20 matas de forma dirigida, se dejaron 15 matas sin recolectar y nuevamente se muestreaban las siguientes 20 matas, así en cada uno de los surcos seleccionados. Después los insectos capturados se introducían en cámara letal a base de vapores de acetato de etilo para ser sacrificados y posteriormente se preservaron en frascos de alcohol al 70 %. Este muestreo se realizó de 8:00 am a 10:00 am repitiéndose en cada fase fenológica del cultivo.

Redeo:

Con dos redes entomológicas (38 cm de diámetro) (Fig. 2c), una para cada agroecosistema se recorrieron los diez surcos y se atraparon todos los insectos que se encontraron. Posteriormente se depositaron en cámaras letales con acetato de etilo para sacrificar a los organismos y se preservaron en frascos con alcohol al 70 %. Este muestreo se llevó a cabo de 11:00 am a 1:00 pm.

Trampa de Luz

Esta colecta se realizó en la noche de 8:00pm a 11:00pm con el fin de muestrear los insectos con fototropismo. Consistió en colgar una manta blanca extendida que se empleaba como pantalla y en la cual se fijó una lámpara de luz indicar que tipo y de cuantos watts (Fig. 2d), los insectos atraídos por ésta, eran depositados en cámara letal a base de acetato de etilo para sacrificarlos, posteriormente colocados en un frasco con alcohol al 70 %. Estas se pusieron en la orilla del monocultivo y policultivo colocándolas en cada fase fenológica del cultivo.



Figura 2. Tipos de colecta: a) Pitfall, b) Colecta directa, c) Redeo, d) Trampa Luz.

Después de cada muestreo, los organismos colectados fueron llevados al laboratorio de Artropodología y Salud de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla para montados y determinados. La determinación taxonómica se llevó a cabo con el uso de un microscopio estereoscópico marca Leica M80, además de claves taxonómicas y bibliografía especializada por ejemplo: McAlpine (1981), Choate (2003), Fernández (2003), Fierros-López (2004), Triplehorn y Johnson (2005), Ospina *et al.*, (2008), Rengifo-Correa y González (2011), Gilligan y Passoa (2014). Los organismos se determinaron a nivel familia, género, especie o morfoespecie para poder determinar el gremio. Los gremios alimentarios de los insectos se establecieron con base en literatura especializada como Triplehorn y Johnson (2005), Brown *et al.*, (2009), Brown *et al.*, (2010), Ordóñez-Reséndiz *et al.*, (2014), Gabuyo y Pujade-Villar (2015).

Análisis de datos

Diversidad alfa (α)

Para los dos agroecosistemas se obtuvieron curvas de acumulación de especies (Magurran, 2004) empleando los estimadores no paramétricos Bootstrap y Jackknife 1, graficando también los singletons y doubletons para ver qué tan completos son en cuanto a las especies registradas y cuantas especies faltaron por encontrar. Los valores de los estimadores fueron calculados con el programa EstimateS v.9.0 (Colwell, 2013).

Se obtuvo la diversidad verdadera con los tres órdenes de q según lo establecido por Jost (2007) para poder comparar la diversidad del monocultivo y el policultivo; así mismo entre las fases fenológicas de cada agroecosistema. Los órdenes de diversidad corresponden a los niveles $q=0$ que indica que es insensible a las abundancias de las especies por lo que equivale a riqueza únicamente, $q=1$ donde todas las especies son incluidas con un peso exactamente proporcional al de su abundancia en la comunidad (equivale al exponencial del índice de Shannon) y $q=2$ que no considera en absoluto a las especies con baja abundancia (inverso del

Índice de Simpson) (Moreno *et al.* 2011). Estos cálculos se realizaron con los programas Past versión 3.12 (Hammer *et al.*, 2001) y SPADE (Chao y Shen, 2010).

Diversidad beta (β)

Para medir el recambio entre las especies de los dos agroecosistemas y fases fenológicas, se calcularon dos índices de similitud (Moreno, 2001), uno basado en presencia y ausencia que fue el de Jaccard y otro basado en las abundancias de las especies mediante el índice de Morisita-Horn. Estos cálculos se hicieron en el programa SPADE (Chao y Shen, 2010). Se generaron análisis de clústeres representándolos en dendogramas para visualizar mejor las similitudes entre las fases de los agroecosistemas, los cuales se realizaron en el programa Past versión 3.12 (Hammer *et al.*, 2001).

Diversidad de Gremios

Se construyeron curvas de rango-abundancia, para comparar visualmente la estructura (riqueza y abundancia) de los gremios entre las seis fases fenológicas del monocultivo y policultivo, además de que se realizaron ANCOVAs para ver si había diferencias significativas en las pendientes de las curvas de rango-abundancia conforme la fenología de los agroecosistemas, donde la variable dependiente fue el rango, la covariable las abundancias y como variable categórica la fenología este análisis se realizó en el software R (R core team, 2015).

RESULTADOS

Se colectaron un total de 7023 insectos, 4058 (156 morfoespecies) en el monocultivo y 2965 (253 morfoespecies) en el policultivo. Se identificaron 295 morfoespecies ubicadas en 100 familias y 11 ordenes, los cuales fueron: Coleoptera, Collembola, Dermaptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Mantodea, Neuroptera, Orthoptera, Thysanoptera.

Hemiptera mostró la mayor abundancia con 2139 individuos, los escarabajos Chrysomelidae fue la familia más rica con 19 morfoespecies, seguida de Formicidae (18), Phoridae (13), Scarabaeidae (11), Apidae (9), Noctuidae (8), Rhopalidae y

Vespidae (7). El resto de las familias están representadas por seis o menos morfoespecies.

Rhopalidae sp5 fue la morfoespecie más abundante (1631), seguida de *Pheidole* sp1 (527), *Phyllobaenus* sp1 (336), Tephritidae sp1 (308), Sarcophagidae sp1 (283), *Paederinae* sp1 (198), *Pheidole* sp3 (180), *Enochrus* sp1 (173), *Pentacentrinae* sp1 (150), *Forficula auricula* (149), *Gryllinae* sp1 (136), *Spodoptera Larva* (121), Sarcophagidae sp0 (115) y *Atta* sp1 (107). Se hallaron 47 morfoespecies con dos individuos y 83 con solo uno.

Para el monocultivo Rhopalidae sp5 fue la morfoespecie más dominante con 1355 individuos, después *Pheidole* sp1 (378), seguida de *Phyllobaenus* sp1 (278). En el policultivo Tephritidae sp1 fue la morfoespecie con mayor presencia con 278 individuos, seguido de Rhopalidae sp5 (276) y Sarcophagidae sp1 (231).

De los ordenes registrados, solo ocho se encontraron en el monocultivo, con 71 familias integradas por 156 morfoespecies, la fase de maduración córnea fue la que tuvo una mayor riqueza con 88 morfoespecies, después las fases de espiga y maduración lechosa se registraron 38 morfoespecies para ambas (Cuadro 1). En el policultivo estuvieron 11 ordenes presentes con 93 familias y 253 morfoespecies, de igual manera que en el monocultivo en la maduración córnea se obtuvo la mayor riqueza con 151 morfoespecies, seguido de panoja con 70 morfoespecies y aparición de hojas con 53 morfoespecies (Cuadro 1).

Cuadro 1. Morfoespecies con mayor abundancia presentes en las fases fenológicas de *Zea Mays*, en dos agroecosistemas

Cul-tivo	Feno-logía	Morfo-especies	Indivi-duos	Mayor Abundancia		
Monocultivo	AH	25	65	<i>Diabrotica</i> sp1 (11)	<i>Forficula auricularia</i> (8)	<i>Pheidole</i> sp3 (8)
	PA	29	152	<i>Epitrix</i> sp1 (48)	<i>Pheidole</i> sp3 (21)	<i>Pheidole</i> sp1 (16)
	ES	38	152	<i>Gryllinae</i> sp1 (30)	<i>Coprophaeus</i> sp1 (19)	<i>Hippodamia</i> sp1 (17)
	ML	38	606	<i>Pheidole</i> sp1 (316)	<i>Atta</i> sp1 (57)	<i>Pheidole</i> sp3 (46)
	MP	34	274	<i>Paederinae</i> sp1 (108)	<i>Tephritidae</i> sp1 (24)	<i>Gryllinae</i> sp1 (20)
	MC	88	2809	<i>Rhopalidae</i> sp5 (1355)	<i>Phyllobaenus</i> sp1 (259)	<i>Enochrus</i> sp1 (130)
Policultivo	AH	53	307	<i>Pheidole</i> sp1 (83)	<i>Pheidole</i> sp3 (30)	Spo Larva (29)
	PA	70	429	<i>Megalomyrmex</i> sp1 (78)	<i>Forficula auricularia</i> (57)	<i>Aphididae</i> sp2 (35)

ES	45	157	<i>Cicadellidae</i> sp2 (20)	<i>Leptinotarsa</i> sp1 (16)	<i>Heli</i> larva (9) <i>Lygaeidae</i> Ninf (9), <i>Pyrota</i> sp1 (9)
ML	45	213	<i>Pheidole</i> sp1 (41)	<i>Pheidole</i> sp3 (35)	<i>Forficula auricularia</i> (17)
MP	35	79	<i>Apis</i> sp1 (7)	<i>Phyllobaenus</i> sp1 (6)	<i>Bombus</i> sp2 (5)
MC	151	1780	<i>Rhopalidae</i> sp5 (276)	<i>Tephritidae</i> sp1 (271)	<i>Sarcophagidae</i> sp1 (222)

Diversidad α

Se generaron curvas de acumulación que incluyen los seis muestreos para obtener el esfuerzo de muestreo y el número de morfoespecies faltantes en cada agroecosistema (monocultivo y policultivo), considerando los estimadores Jackknife 1 y Bootstrap para obtener el nivel de completitud del inventario.

Las curvas de acumulación de morfoespecies por muestreos para monocultivo (Fig. 3a), policultivo (Fig. 3b) no llegaron a la asíntota debido a la alta heterogeneidad de los agroecosistemas. Aunque, los inventarios obtenidos fueron confiables ya que se alcanzó casi un 81% de lo estimado por el modelo no paramétrico más próximo Bootstrap a la riqueza de especies observada tanto para el monocultivo y policultivo (Cuadro 2), mientras que ambos superaron el 64% de lo estimado por el otro modelo no paramétrico Jackknife 1.

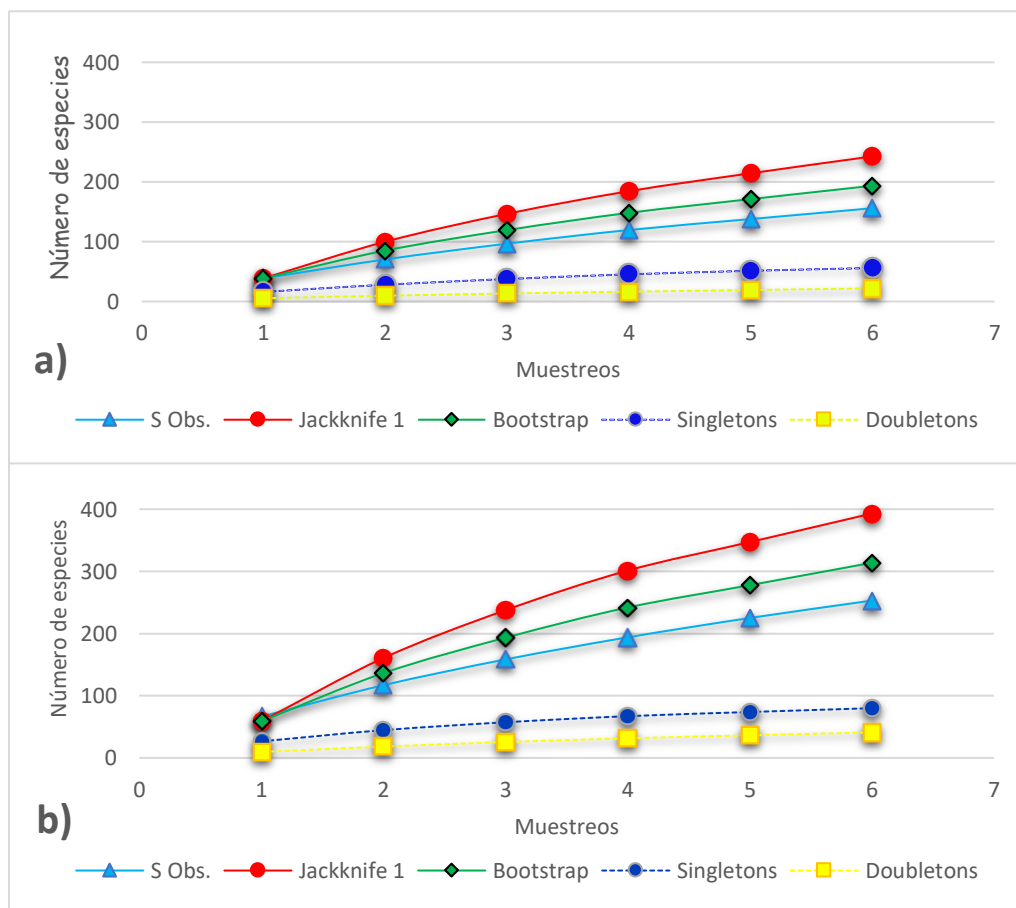


Figura 3. Curvas de acumulación de especies: a) Monocultivo, b) Policultivo

Cuadro 2. Riqueza de especies por agroecosistema, valores de estimadores no paramétricos, morfoespecies faltantes y eficiencia del muestreo.

Cultivo	Modelo	Spp Observadas	Spp Esperadas	Spp Faltantes	Eficiencia
Monocultivo	Bootstrap	156	193.54	37.54	80.60%
	Jackknife	156	242.67	86.67	64.28%
Policultivo	Bootstrap	253	313.77	60.77	80.63%
	Jackknife	253	393	140	64.38%

Agroecosistemas.- La diversidad de orden 0 tiene una mayor riqueza en el policultivo con 253 morfoespecies mientras que el monocultivo presenta una riqueza de 156 morfoespecies (Fig. 4A; Cuadro 3). La medida de diversidad $q = 1$ (que integra tanto morfoespecies como abundancia) el policultivo sigue presentando una mayor diversidad que el monocultivo (Fig. 4B). Para la medida de diversidad de orden 2 ($q = 2$) el policultivo continua teniendo una mayor diversidad (Fig. 4c).

Con el resultado obtenido de la diversidad de orden 1 se determinó que el policultivo posee una riqueza similar a la que tendría una comunidad teórica de 69.97 morfoespecies donde todas estas tendrían la misma abundancia. De la misma manera el monocultivo conserva una diversidad igual a la de una comunidad con 20.91 morfoespecies efectivas, por lo que el policultivo es 3.34 veces más diverso que el monocultivo, es decir el monocultivo contiene apenas el 29.88% de la diversidad del policultivo.

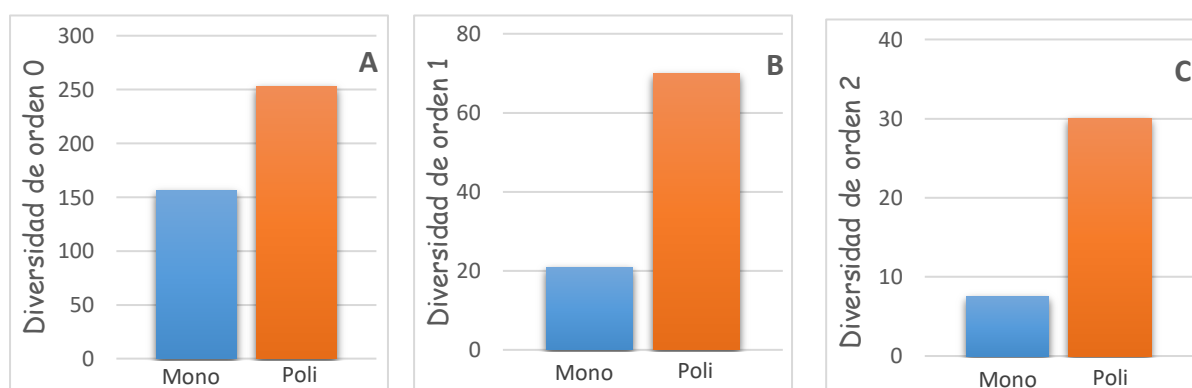


Figura 4. Diversidad de morfoespecies en monocultivo y policultivo, A) diversidad de orden $q=0$, B) diversidad de orden $q=1$ y C) diversidad de orden $q=3$

Cuadro 3. Resultados del análisis de la diversidad de los agroecosistemas. Se indican los valores observados y estimados.

Agroecosistema	Diversidad observada			Diversidad estimada		
	0D	1D	2D	0D (ACE)	1D (MLE-bc)	2D (MVUE)
Monocultivo	156	20.91	7.45	215.9±17.8	21.47±7.80	7.46±0.27
Policultivo	253	69.97	29.61	332.6±18.7	73.99±11.82	30.01±0.15

La diversidad de los agroecosistemas representada por medio de los perfiles de diversidad mostró que el policultivo es más diverso y que hay un poco más de equidad en este, sin embargo ambos agroecosistemas están dominados por algunas especies basándonos en los valores obtenidos de diversidad verdadera (Fig. 5).

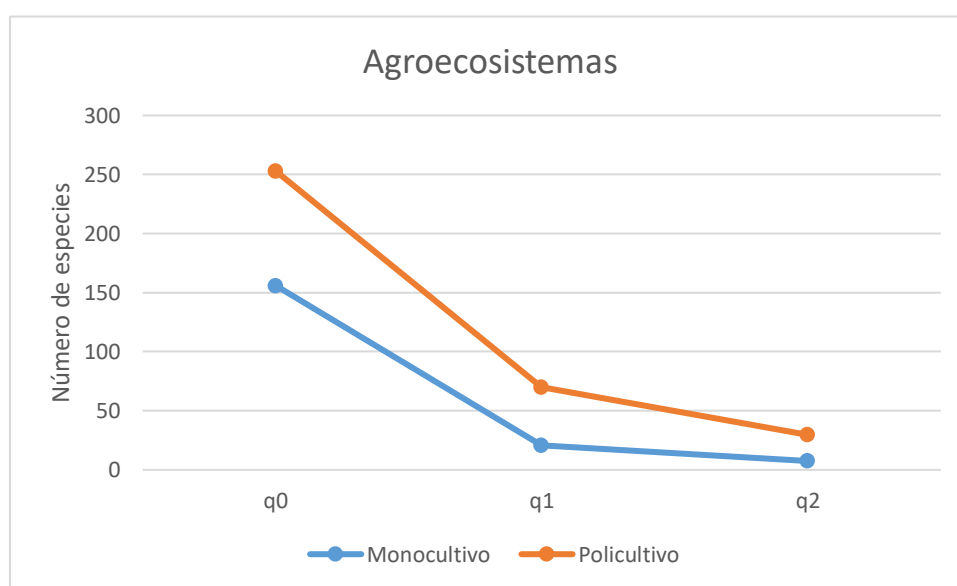


Figura 5. Perfiles de diversidad de los agroecosistemas

Monocultivo.- Durante el desarrollo del maíz la mayor diversidad de orden 1 se presentó en la fase de espiga con 20.2 morfoespecies efectivas seguido de aparición de hojas, maduración pastosa y panoja son casi similares con 11.7, 11.6 morfoespecies, maduración córnea y finalmente maduración lechosa con 7.62 morfoespecies (Fig. 6A; Cuadro 4). La fase de espiga es 2.6 veces más diverso que la maduración lechosa compartiendo únicamente el 37.6% de diversidad; 1.8 más diverso que maduración córnea teniendo el 53% igual; 1.7 más que maduración

pastosa y panoja con 57.8% similar y 1.2 más diverso que aparición de hojas teniendo el 79% parecido, en cambio con la diversidad estimada de orden 2 ($q = 2$) las fases fenológicas reducen el número de especies efectivas debido a que esta se basa en las morfoespecies más abundantes (Fig. 6B), para lo cual aparición de hojas se vuelve la más diversa con 13.8 morfoespecies efectivas, seguido de espiga con 13.1, y por último la menos diversa es maduración lechosa con 3.4 (Cuadro 4).

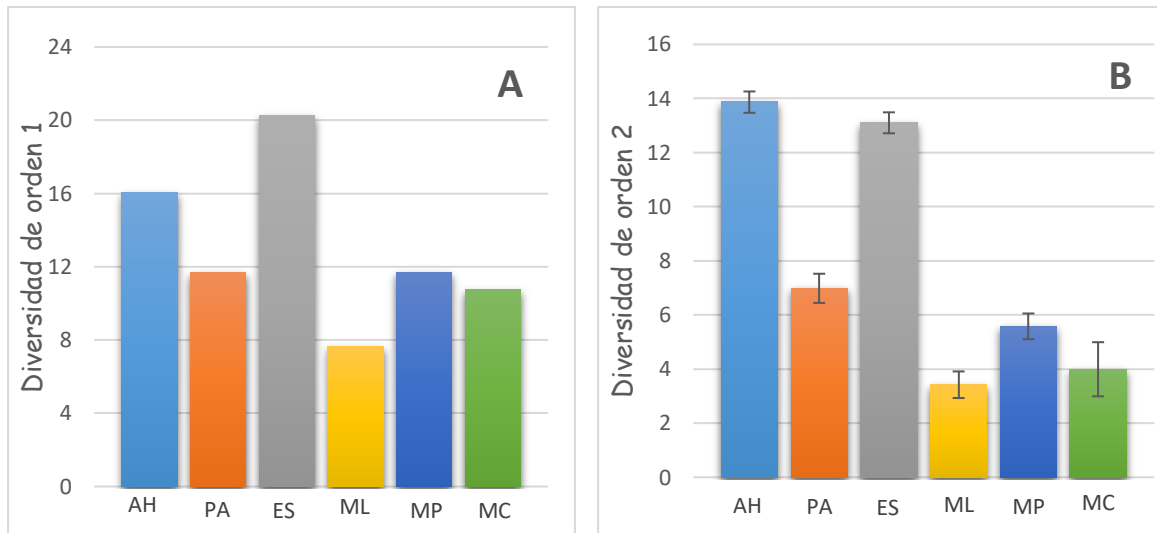


Figura 6. Diversidad en las fases fenológicas del monocultivo (A) $q=1$ observada y (B) $q=2$ estimada. Las barras de error en la gráfica B son intervalos de confianza al 95%.

Policultivo.- Con la diversidad calculada de orden 1 durante las fases fenológicas, maduración córnea fue la que obtuvo la mayor riqueza con 36.34 morfoespecies efectivas, por lo contrario aparición de hojas fue la que tuvo menor número de morfoespecies con 18.43, es decir la fase maduración córnea es 1.97 más diversa que aparición de hojas, 1.85 más que maduración lechosa tendiendo el 53.96% de diversidad, 1.45 más que panoja coincidiendo el 68.65% de diversidad, 1.32 más que maduración pastosa con una diversidad similar del 75.59% y 1.30 más diversa que espiga compartiendo el 76.80% de diversidad (Fig. 7A; Cuadro 4). Con respecto a la diversidad estimada de orden 2 se redujo el número de morfoespecies efectivas, maduración pastosa fue la más diversa con 30.81 morfoespecies efectivas y por último aparición de hojas con 9.48 morfoespecies. (Fig. 7B; Cuadro 4).

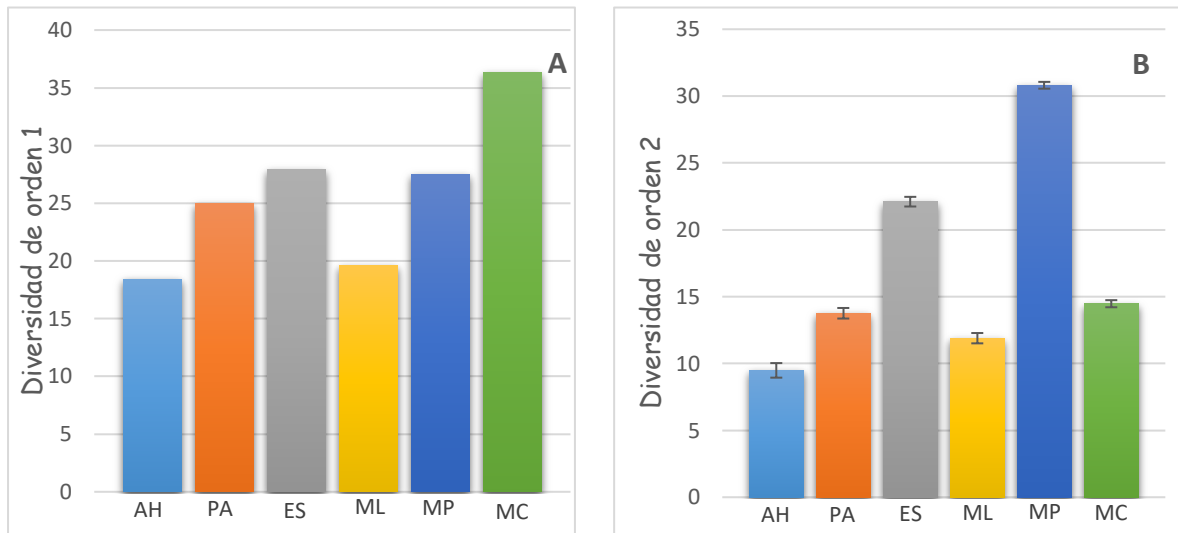


Figura 7. Diversidad en las fases fenológicas del policultivo (A) $q=1$ observada y (B) $q=2$ estimada. Las barras de error en la gráfica B son intervalos de confianza al 95%.

Cuadro 4. Resultados del análisis de la diversidad de los agroecosistemas. Se indican los valores observados y estimados

	Fenología	Diversidad observada			Diversidad estimada		
		0D	1D	2D	0D (ACE)	1D (MLE-bc)	2D (MVUE)
MONOCULTIVO	AH	25	16.04	11.58	68.9±26.7	27.04±9.50	13.86±0.20
	PA	29	11.67	6.72	67.4±22.6	14.51±4.69	6.98±0.27
	ES	38	20.23	12.13	57.3±10.4	24.35±4.49	13.10±0.19
	ML	38	7.62	3.41	55.0±9.9	7.96±2.64	3.42±0.25
	MP	34	11.70	5.49	45.9±7.2	12.70±3.98	5.55±0.24
	MC	88	10.74	3.99	123.8±14.0	10.97±4.28	3.99±0.22
POLICULTIVO	AH	53	18.43	9.23	117.8±27.0	22.29±6.50	9.48±0.27
	PA	70	24.95	13.36	135.7±24.6	29.21±5.75	13.75±0.20
	ES	45	27.91	19.49	79.7±16.2	35.86±5.38	22.10±0.18
	ML	45	19.61	11.32	87.6±20.0	24.03±5.31	11.89±0.19
	MP	35	27.47	22.37	54.3±10.2	38.50±5.18	30.81±0.13
	MC	151	36.34	14.37	190.5±12.5	38.32±8.25	14.47±0.13

Diversidad β

Agroecosistemas.- En el monocultivo se encontraron 41 morfoespecies exclusivas de las 156 que se identificaron, para el policultivo 138 fueron exclusivas de las 253 que se hallaron, el Índice de similitud de Jaccard basado en incidencia (presencia / ausencia) indica que el monocultivo y policultivo presenta un bajo grado de similitud ya que comparten el 39% de las morfoespecies encontradas, mientras que el índice de Morisita-Horn que toma en cuenta las abundancias registra que hay una similitud del 50%, compartiendo 115 morfoespecies.

Realizando un contraste de similitud entre las fases fenológicas del monocultivo y policultivo, el Índice de Jaccard muestra que el valor más alto de similitud se encuentra en maduración córnea del policultivo - maduración córnea del monocultivo con un 35% de similitud con 65 morfoespecies compartidas, por el contrario maduración pastosa policultivo – panoja monocultivo y maduración pastosa policultivo - espiga monocultivo fueron los que tuvieron la menor similitud (Cuadro 5).

Empleando el índice de Morisita-Horn, las fases fenológicas con mayor porcentaje de similitud es aparición de hojas policultivo – maduración lechosa monocultivo con 76. Las que presentaron la similitud más baja fueron: panoja policultivo – maduración córnea monocultivo, espiga policultivo – maduración córnea monocultivo y maduración pastosa policultivo – maduración lechosa monocultivo con 1 % (Cuadro 5).

En el análisis de Clúster, empleando el índice de similitud de Morisita-Horn, se visualizó la formación de tres grupos a partir del umbral de similitud del 10%. En el grupo 1 se encuentra maduración pastosa policultivo - espiga policultivo con 19%, espiga del monocultivo; en el segundo grupo están aglomerados las similitudes más altas que incluye maduración lechosa policultivo – aparición de hojas policultivo con el 76%, panoja monocultivo, aparición de hojas monocultivo y panoja policultivo; en el tercer grupo esta maduración córnea monocultivo, maduración córnea policultivo con 51%, finalmente maduración pastosa monocultivo (Fig. 8).

Cuadro 5. Similitud entre fases fenológicas de ambos agroecosistemas, el primer valor es el número de morfoespecies compartidas, el segundo el valor de similitud de Jaccard y el tercero el valor de similitud Morisita-Horn.

Fenología	AH Mono	PA Mono	ES Mono	ML Mono	MP Mono	MC Mono
AH Poli	12	10	12	14	14	18
	0.18	0.13	0.15	0.18	0.19	0.14
PA Poli	0.33	0.39	0.06	0.76	0.06	0.03
	11	14	15	13	13	18
ES Poli	0.13	0.16	0.16	0.13	0.14	0.12
	0.28	0.27	0.1	0.18	0.02	0.01
ML Poli	9	7	11	11	10	18
	0.14	0.1	0.15	0.15	0.14	0.15
MP Poli	0.17	0.1	0.2	0.03	0.06	0.01
	8	7	15	17	8	19
MC Poli	0.12	0.1	0.22	0.25	0.11	0.16
	0.47	0.45	0.12	0.62	0.13	0.02
AH Mono	5	2	10	9	10	11
	0.09	0.03	0.02	0.14	0.16	0.09
PA Mono	0.21	0.08	0.03	0.01	0.07	0.05
	10	14	19	27	27	62
ES Mono	0.06	0.08	0.11	0.16	0.17	0.35
	0.04	0.02	0.15	0.04	0.19	0.51

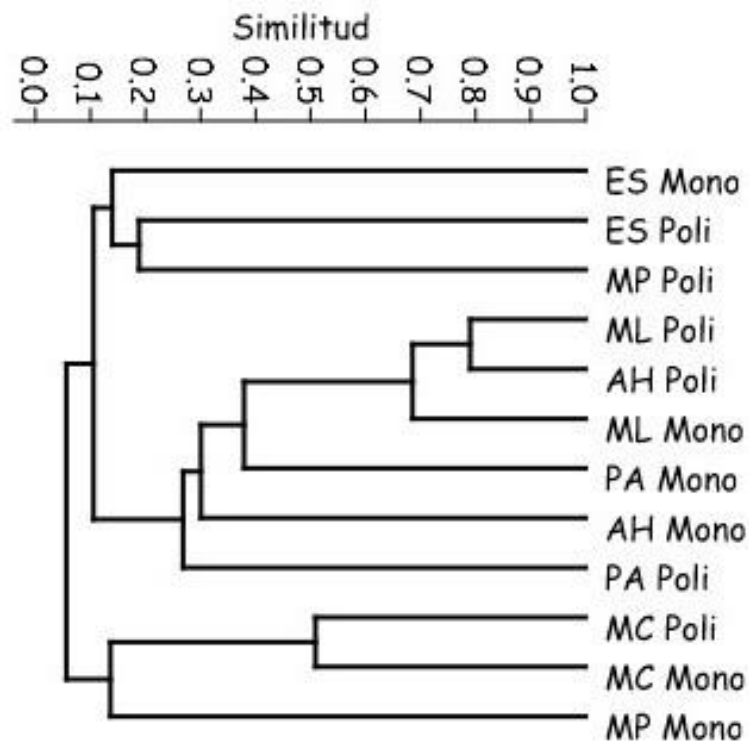


Figura 8. Dendrograma de similitud Morisita-Horn para las fases fenológicas de ambos agroecosistemas.

Monocultivo.- Al comparar las fases fenológicas, los resultados obtenidos en el índice de similitud de Jaccard muestran que las fases con mayor similitud son: maduración pastosa – maduración córnea que al igual que maduración lechosa – maduración pastosa tienen una similitud del 24%, por el contrario para el índice de Morisita-Horn la mayor similitud fue del 34% que se presentó entre aparición de hojas – panoja. (Cuadro 6), esto se puede visualizar mejor en el dendrograma de Morisita-Horn (Figura 9)

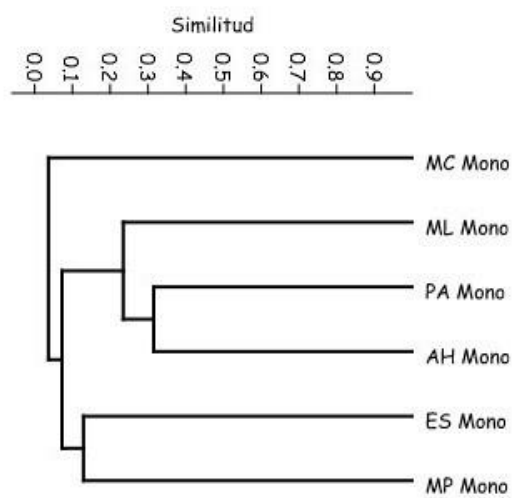


Figura 9. Dendrograma de similitud Morisita-Horn monocultivo.

Policultivo.- De acuerdo al índice de Jaccard maduración pastosa – maduración córnea tienen una similitud del 24% las más alta compartiendo 24 morfoespecies, la menos similar es aparición de hojas – maduración pastosa, mientras que con respecto al índice de Morisita-Horn hay un 81% de similitud entre aparición de hojas – maduración lechosa, panoja – maduración córnea únicamente presentan el 2% de similitud (Cuadro 6; Figura 10).

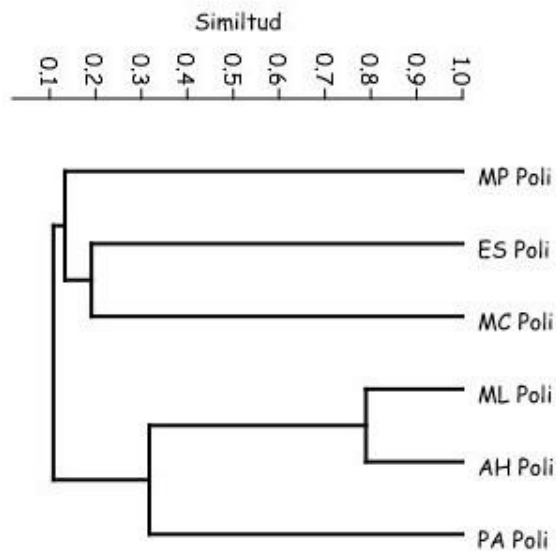


Figura 10. Dendrograma de Similitud Morisita-Horn policultivo.

Cuadro 6. Similitud entre fases fenológicas del monocultivo (arriba de los 1) y policultivo (debajo de los 1), el primer valor es el número de morfoespecies compartidas, el segundo el valor de similitud de Jaccard y el tercero el valor de similitud Morisita-Horn.

Fenologías	AH	PA	ES	ML	MP	MC
AH		6	6	11	6	8
	1	0.12	0.1	0.21	0.11	0.07
PA			8	8	6	10
	18	1	0.13	0.13	0.1	0.09
ES		17		12	10	15
	0.17	0.17	1	0.18	0.16	0.13
ML		17	15		14	24
	0.34	0.15	0.2	1	0.24	0.23
MP		10	11	8		24
	0.15	0.15	0.25	0.09	1	0.24
MC		28	20	28	24	
	0.81	0.19	0.23	0.12	0.08	1
	7	21	28	24		
	0.08	0.14	0.11	0.16	0.24	
	0.08	0.02	0.2	0.06	0.08	

Diversidad Gremios

Se clasificaron siete gremios alimentarios: Consumidores florales (visitadores florales, polinizadores, nectarívoros), depredadores, fitófagos masticadores (granívoros, mineros de hojas), fitófagos succionadores, omnívoros, parasitoides y saprófagos (micófagos, carroñeros). El número de morfoespecies fue mayor en los gremios del policultivo que en los del monocultivo (Cuadro 7).

Cuadro 7. Número de morfoespecies y abundancia por gremios para los agroecosistemas

Cultivo	Consumidores Florales	Depredadores	Fitófagos Masticadores	Fitófagos Succionadores	Omnívoros	Parasitoides	Saprófagos
Mono	21 (202)	41 (1230)	24 (314)	26 (1536)	8 (467)	16 (220)	20 (89)
Poli	37 (596)	70 (765)	41 (390)	38 (599)	13 (156)	23 (299)	31 (160)

El gremio con mayor abundancia de los agroecosistemas fue el fitófago succionador del monocultivo, que está dominado por *Rhopalidae* sp5 con 1355 individuos, el que le continua es el gremio de los depredadores también del monocultivo, seguido de los depredadores del policultivo.

Para el monocultivo, el gremio de fitófagos succionadores fue el dominante seguido de los depredadores, mientras que el de menor abundancia fue el de saprófagos. En cambio en el policultivo los depredadores fueron los más abundantes y fitófagos succionadores, consumidores florales así como los omnívoros fueron los menos abundantes (Figura 11).

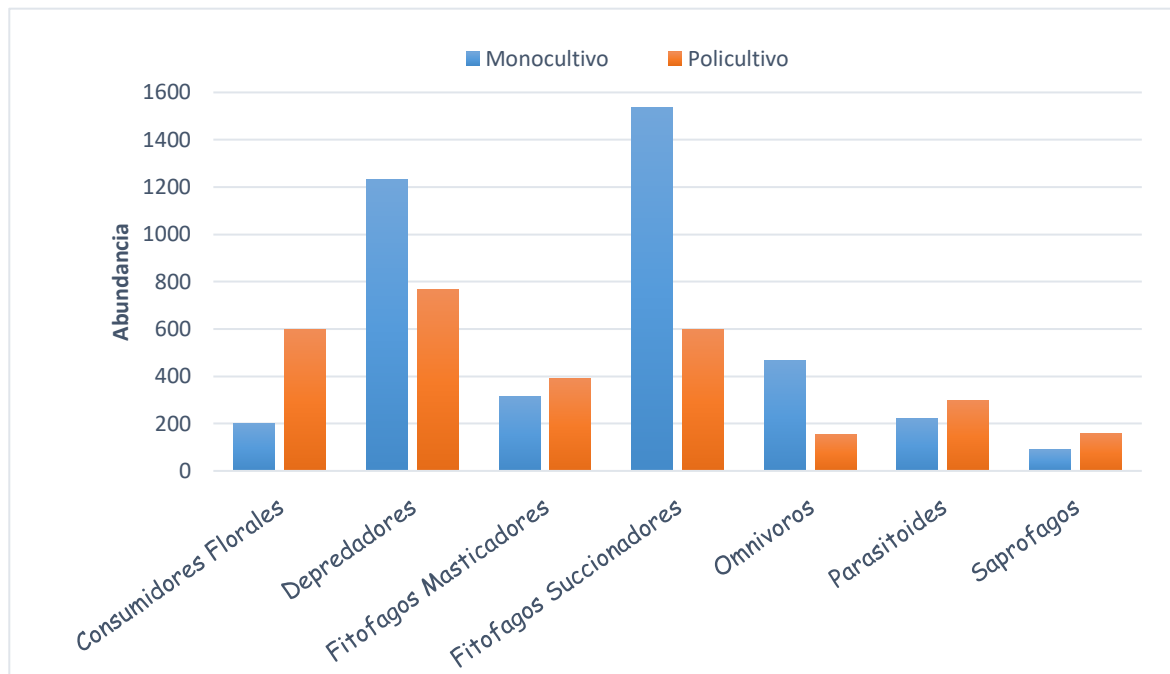


Figura 11. Abundancia de gremios en dos agroecosistemas

Con el fin de ver el comportamiento de los gremios en el transcurso del ciclo fenológico de ambos agroecosistemas se realizaron curvas de rango-abundancia.

Monocultivo.- En la fase de aparición de hojas las abundancia fueron bajas en todos los gremios e incluso tanto fitófagos succionadores como omnívoros estuvieron ausentes. Panoja: los más abundantes fueron depredadores con 68. Espiga: hay una mayor equidad debido a que no hay una dominancia clara en los gremios. Maduración lechosa: hay una dominancia de los depredadores con 400 individuos, luego una cascada hasta los fitófagos masticadores con 100. Maduración pastosa: los depredadores dominan con 148 individuos y se ausentan los parasitoides. Maduración córnea: la dominancia es completamente por los fitófagos succionadores con 1512 individuos (Figura 12).

Policultivo: En aparición de hojas los depredadores fueron los más abundantes con 149, los saprófagos únicamente presentaron dos. Panoja: continuaron los depredadores con la mayor abundancia con 187. Espiga: el gremio de los fitófagos masticadores estuvo compuesto por 53 individuos y omnívoros con uno. Maduración lechosa: nuevamente dominaron los depredadores con 117 individuos, hay una pequeña cascada hasta fitófagos masticadores con 46. Maduración pastosa: los

gremios bajaron sus abundancias y los depredadores siguieron manteniendo la mayor abundancia. En maduración córnea: los gremios aumentaron sus abundancias, los consumidores florales presentaron 456 individuos, fitófagos succionadores 448 (Figura 13).

Los resultados del análisis de covarianza para ver si hay diferencias en las pendientes de las curvas de rango abundancia de los gremios conforme a la fenología de los agroecosistemas mostraron que para el monocultivo hubo diferencias entre las fases de aparición de hojas – espiga, panoja – espiga, espiga – maduración lechosa, espiga – maduración pastosa, espiga – maduración lechosa. Por otra parte el policultivo tuvo mayores diferencias significativas entre: aparición de hojas – panoja, aparición de hojas – espiga, aparición de hojas – maduración pastosa, aparición de hojas – maduración córnea, panoja – maduración lechosa, panoja – maduración córnea, espiga – maduración córnea, maduración lechosa – maduración pastosa, maduración lechosa - maduración córnea (Cuadro 8).

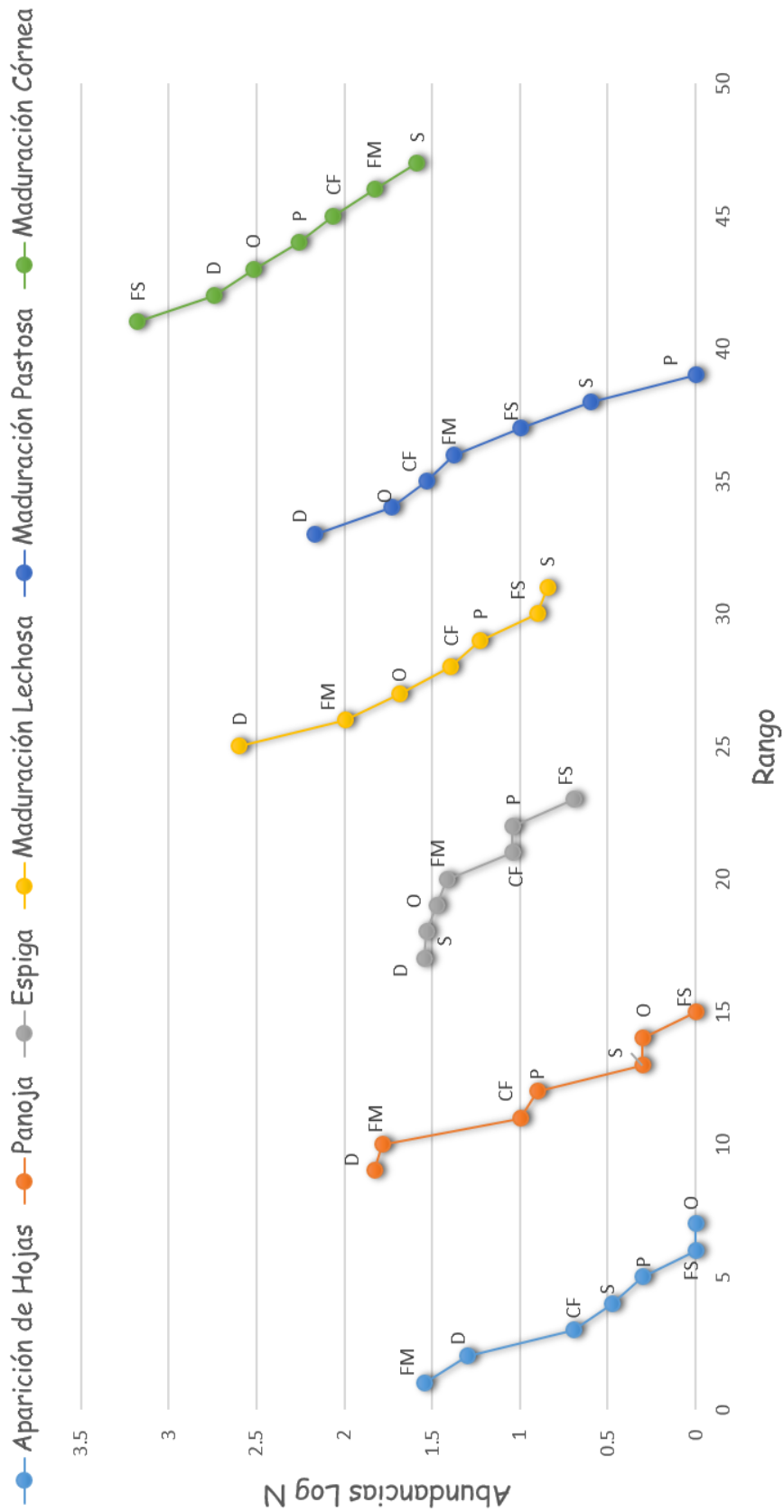


Figura 12. Curva rango-abundancia de los gremios en el monocultivo durante su desarrollo fenológico. Consumidores florales CF, depredadores D, fitófago masticador FM, fitófago succionador FS, omnívoros O, parasitoides P y saprófagos S.

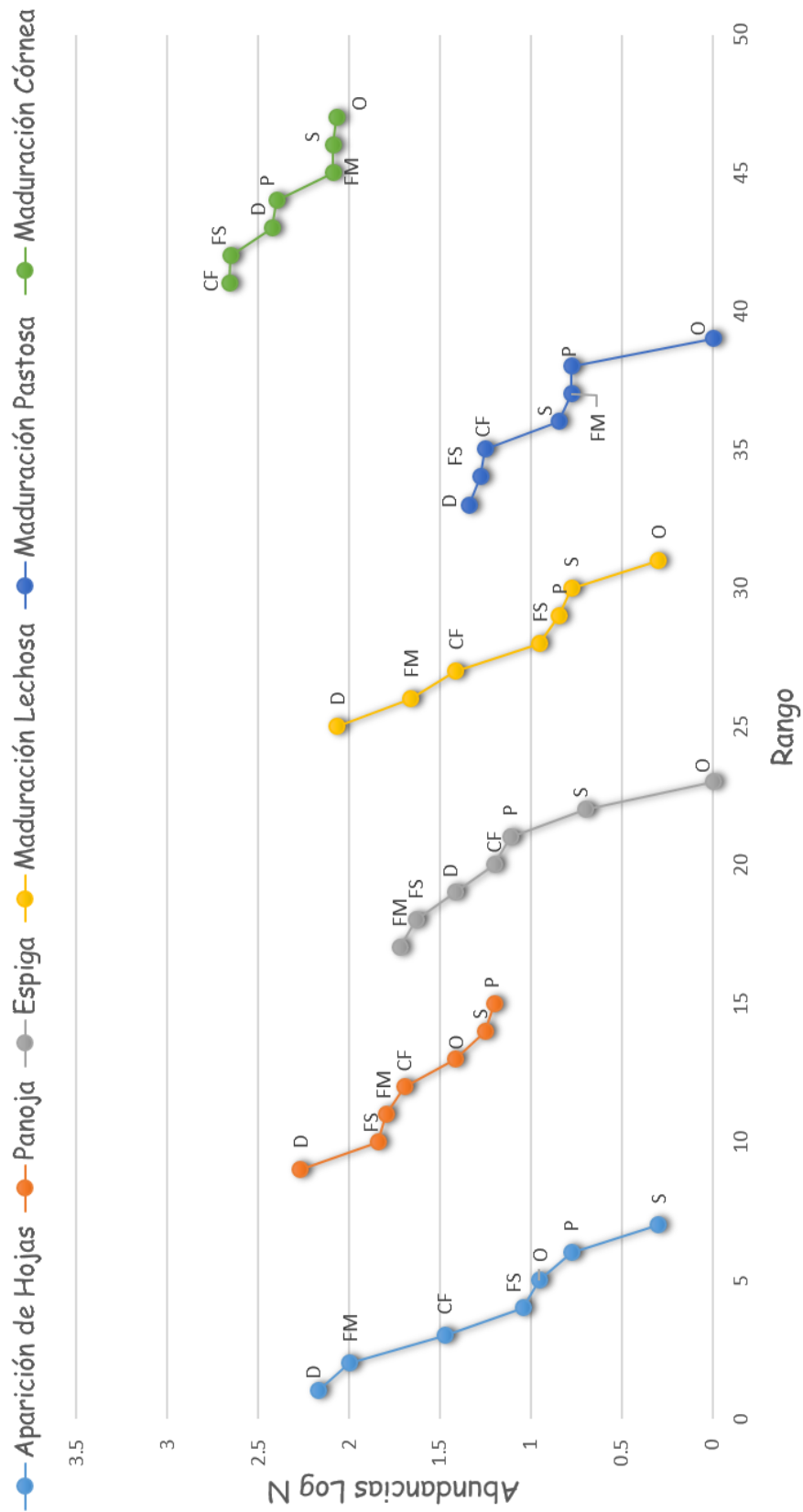


Figura 13. Curva rango-abundancia de los gremios en el policultivo durante su desarrollo fenológico. Consumidores florales CF, depredadores D, fitófago masticador FM, fitófago succionador FS, omnívoros O, parasitoides P y saprófagos S.

Cuadro 8. Análisis de covarianza (ANCOVAs) comparando las pendientes de las curvas rango abundancia entre temporadas y tipos de uso de la tierra. Valores de P significativos están en negrita

Monocultivo					
Fenología	AH	PA	ES	ML	MP
AH					
PA	F1,7=0.074; P=0.792				
ES	F1,8=16.527; P=0.003	F1,9=17.213; P=0.002			
ML	F1,8=0.764; P=0.406	F1,9=1.483; P=0.254	F1,10=14.068; P=0.003		
MP	F1,7=0.780; P=0.406	F1,8=1.159; P=0.312	F1,9= 19.412; P=0.001	F1,9=0.045; P=0.835	
MC	F1,8=4.844; P=0.058	F1,9= 4.785; P=0.056	F1,10=17.294; P=0.001	F1,10=0.883; P=0.369	F1,9=2.500; P=0.148
Policultivo					
Fenología	AH	PA	ES	ML	MP
AH					
PA	F1,10=18.908; P=0.001				
ES	F1,9=9.870; P=0.011	F1,9=0.870; P=0.375			
ML	F1,10= 0.925; P=0.358	F1,10=11.143; P=0.007	F1,9=4.968; P=0.052		
MP	F1,9=20.449; P=0.001	F1,9=1.244; P=0.293	F1,8=3.371; P=0.103	F1,9=13.743; P=0.004	
MC	F1,10=40.68; P=8.056e-05	F1,10=5.047; P=0.048	F1,9=9.820; P=0.012	F1,10=28.869; P=0.0003	F1,9=0.431; P=0.527

DISCUSIÓN

Este trabajo se enfocó en la diversidad de insectos asociados a *Zea mays* de temporal durante su desarrollo fenológico a partir de la aparición de hojas, en monocultivo y policultivo, debido a que el inventario de la entomofauna es complicado, se requiere asociar diferentes métodos de muestreo para complementarse uno con otro (New, 1999) por lo que utilicé cuatro métodos diferentes siendo el más eficiente las trampas pitfall, las cuales capturaron la mayor parte de riqueza así mismo de abundancia, debido a que estuvieron activas durante todo el desarrollo fenológico del maíz, sin embargo los otros métodos fueron complementarios además de que se emplearon menos horas por lo que se obtuvo una menor abundancia y riqueza al igual que en el estudio realizado por Martínez *et al.* (2016) donde emplearon 3 tipos de trampas y las pitfall capturaron la mayor parte de insectos.

Las curvas de acumulación de especies (Fig. 2; Cuadro 2) muestran que el esfuerzo de muestreo fue apto ya que alcanza el 80% de eficiencia con el estimador Bootstrap. Sin embargo, con el estimador Jackknife 1 se alcanza una eficiencia del 64% esto podría atribuirse a un error de sub-muestreo durante la identificación de morfoespecies (por ejemplo, considerando dos individuos hembra-macho como distintas morfoespecies siendo en realidad la misma).

Los resultados obtenidos muestran que la riqueza y abundancia de la entomofauna va a estar influenciada por el agroecosistema donde se encuentren, ya que conforme se simplifique un agroecosistema la diversidad disminuirá (Vandermeer y Perfecto 1995). De las hipótesis que se plantearon para este trabajo se cumplieron las siguientes: se registró una mayor diversidad de ordenes, familias y morfoespecies en el policultivo. De igual manera, la abundancia de los gremios fue incrementando o disminuyendo de acuerdo a la etapa fenológica en la que se presentaban. Finalmente, la hipótesis de una mayor diversidad durante la maduración lechosa de *Zea mays* no fue cierta, debido a que en el monocultivo la mayor diversidad de orden 1 se presentó en la etapa de espiga mientras que para el policultivo la mayor diversidad $q = 1$ fue en maduración córnea.

El policultivo presentó mayor riqueza de especies en comparación con el monocultivo, por lo que es un agroecosistema idóneo para una mayor diversidad de artrópodos. Kremen *et al.* (1993) mencionan que la diversidad de especies y

abundancia en las comunidades de insectos presentes en agroecosistemas dependerá de los tipos de organismos, cultivos, densidades de plantas, uso de plaguicidas, filosofía del manejo de cultivo, así como la influencia de factores abióticos y bióticos. Además de que estos pueden suprimir el crecimiento de malezas eficientemente debido a que requieren una mayor cantidad de recursos, explotando los disponibles. Sin embargo, en el monocultivo tuve una mayor abundancia de insectos como en el estudio realizado por Martínez *et al.* (2012) donde compararon la abundancia de los artrópodos presentes en un agroecosistema de maíz y otro de maíz-frijol, encontrando un total de 1388 artrópodos, 717 en el monocultivo y 671 en el policultivo presentando este una mayor diversidad de familias. Esto se debe a que al modificarse la composición del monocultivo, algunas especies se ven afectadas mientras que otras oportunistas se ven favorecidas por tal efecto que se convierten en dominantes Silva (2014).

La morfoespecie que se ve favorecida y presenta una amplia dominancia es Rhopalidae sp5 con 1355 individuos en el monocultivo y esto influye en gran parte a que el orden hemiptera tenga la mayor abundancia en el monocultivo como lo menciona Ryszkowski *et al.* (1993) y Koricheva *et al.* (2000), al atribuir a las condiciones de dicho agroecosistema permiten un mejor desempeño de esto fitófagos succionadores por la concentración de recursos que tienen para explotar sin tener competencia ni tampoco algún depredador o parasitoide que puedan regularlos.

La familia Chrysomelidae fue la más rica con 19 morfoespecies seguida de Formicidae con 18 esto es como lo encontrado por Martínez *et al.* (2011) que también los ordenes Coleoptera e Hymenoptera presentan la mayor diversidad de especies en el policultivo, la única diferencia entre el trabajo antes citado y el presente, es que ellos excluyen la abundancia de la familia Formicidae ya que consideran a estos organismos con hábitos sociales que podrían afectar los análisis que realizaron, mientras que yo los tome en cuenta debido a que Ríos (2014) destaca la actividad continua de la familia Formicidae en los agroecosistemas al igual que Peck *et al.* (1998) registra valores de abundancia más elevados en ambientes menos perturbados principalmente para la familia Formicidae. Mientras que Mirabal *et al.* (2016) atribuyen que los formícidos disminuyen la abundancia de larvas de *S. frugiperda*. Otros estudios como el de Toledo *et al.* (2013) también encuentran mayor diversidad de especies en los himenópteros y coleópteros.

La Salle y Gauld (1993) indican que el incremento de los himenópteros en policultivos es una evidencia clara a favor de este tipo de manejo ya que este orden posee un papel elemental como grupo benéfico, al intervenir en interacciones específicas como consumidores florales, depredadores y parasitoides, por lo que Estrada *et al.* (2003) los enfatizan como el orden más representado en los cultivos de maíz en el continente americano.

Respecto a los resultados de diversidad de orden 1, el policultivo va presentando una mayor diversidad conforme va desarrollándose fenológicamente, solo disminuye la diversidad en la maduración lechosa lo cual atribuyo a cuestiones climatológicas ya que cuando se realizó la colecta mediante el uso de trampas de luz este no fue completo ya que comenzó a llover así mismo durante el redeo y colecta directa se encontraba briznando, por lo que si hacemos una excepción en dicha fase esto coincide con lo que encuentran en su estudio Liss *et al.* (1986) donde va incrementando la riqueza de insectos conforme va desarrollándose fenológicamente la soya, indicando que al llegar el cultivo a la senectud, la abundancia de insectos decrece bruscamente.

En cambio esto no se cumple en las fases del monocultivo donde hay una variación por completo de la diversidad donde disminuye en la fase de panoja, posteriormente aumenta en espiga luego vuelve a bajar en maduración lechosa, aumenta en maduración pastosa y vuelve a disminuir en maduración córnea lo cual se debe al empleo de agroquímicos en este agroecosistema con el fin de eliminar las arvenses y los insectos. Asteraki *et al.* (2004); Wackers (2004) indican que al emplear agroquímicos para proteger los cultivos de malezas y plagas en parcelas con prácticas de manejo monocultivo disminuyen la diversidad de plantas propiciando una pérdida de refugios, hospedadores alternativos y recursos alimenticios para los adultos. De igual manera, este agroecosistema al presentar una amplia dominancia de una morfoespecie, este tendrá una menor riqueza de especies como lo dice Moreno (2005).

En cuanto a la similitud del monocultivo y policultivo muestran valores menores a la mitad, al compartir 115 morfoespecies de 295 presentes en ambos sitios compartiendo únicamente el 39% independientemente de que se encontraban cercanas, esto puede estar influenciado por la sustitución de variedades locales y tradicionales, caracterizadas por su amplia variedad genética, por variedades

mejoradas, de alto rendimiento y estrechas de base genética (Conway 1987). Ya que para el policultivo se emplearon semillas criollas mientras que para el monocultivo fueron semillas mejoradas.

También se presentó una mayor similitud entre las mismas fases de monocultivo y policultivo, es decir, la riqueza hallada en panoja del monocultivo era más similar a la encontrada en panoja del policultivo debido a que la proporción de recursos era similar refiriéndose a luz, agua, nutrientes, hábitas (Willey 1990) ya que conforme seguía el desarrollo fenológico estas cambiaban provocando un recambio de especies, por lo que presentaban una alta disimilitud por ejemplo en aparición de hojas y maduración pastosa del policultivo compartiendo únicamente 15 morfoespecies.

En cuanto a los gremios para el monocultivo durante la fase de aparición de hojas fitófago masticador es el gremio dominante, los fitófagos succionadores están ausentes, en maduración lechosa ya hay una amplia dominancia de los depredadores sobre los fitófagos masticadores por 300 individuos, en maduración pastosa bajan las abundancias para todos los gremios y finalmente para maduración córnea todos aumentan su abundancia, pero los que encontraron las mejores condiciones y fueron oportunistas son los fitófagos succionadores que presentan una abundancia de 1512 individuos casi el triple que los depredadores y fitófagos masticadores ya no abundan tanto, esto es similar a lo mencionado por García (2015) que encuentra que los insectos herbívoros terminan alcanzando mayores niveles de abundancia mientras que tanto como depredadores y parasitoides disminuyen su abundancia en agroecosistemas simples (monocultivos).

De igual manera Klein *et al.* (2002) observan que en agroecosistemas con una producción intensiva (monocultivos) aumentan las abundancias de insectos fitófagos disminuyendo la de los demás gremios, esto es ocasionado a que los enemigos de los fitófagos son más sensibles a lo agroquímicos (Langhof *et al.*, 2003; Symington, 2003).

Para el policultivo se presentó una mayor equidad en los gremios, siendo los depredadores más abundantes que los fitófagos masticadores y fitófagos succionadores únicamente en la fase de espiga los fitófagos masticadores y succionadores son más abundantes que los parasitoides y depredadores. Pero en maduración lechosa se vuelve a reponer siendo nuevamente más abundantes, en la maduración córnea la etapa final los consumidores florales son los que presentan

mayor abundancia seguidos de fitófagos succionadores y enseguida están los depredadores y parasitoides por lo que no supera la abundancias de estos los fitófagos succionadores, ya que existe una mayor tendencia de insectos benéficos en policultivos que regulan la dominancia (Pérez y Sánchez 2005, Vázquez 2008). Por lo que hay una menor abundancia de fitófagos masticadores y succionadores debido a que se encontró una mayor abundancia de depredadores y parasitoides que son benéficos en los agroecosistemas como lo encuentra Nicholls (1999) en agroecosistemas heterogéneos que propician mayor diversidad de insectos.

CONCLUSIONES

Se colectaron un total de 7023 insectos de los cuales 4058 se colectaron en el monocultivo mientras que 2964 en el policultivo. Se identificaron 295 morfoespecies, 100 familias y 11 órdenes. Los ordenes Collembola, Mantodea y Thysanoptera fueron exclusivos del policultivo.

Diptera fue el orden con mayor riqueza de familias (31), aun así Chrysomelidae fue la familia con mayor riqueza de morfoespecies (19), sin embargo Hemiptera fue el orden más abundante, *Rhopalidae* sp5 fue la especie dominante.

La riqueza de especies fue mayor en el policultivo, reafirmando que este tipo de agroecosistema brinda una mayor cantidad de nichos y recursos que favorecen una mayor diversidad de especies, pero el monocultivo presentó una mayor abundancia demostrando que especies oportunistas presentan una mayor dominancia.

Espiga fue la etapa fenológica con mayor diversidad en el monocultivo, así como maduración córnea para el policultivo.

El gremio de los fitófagos succionadores es el más abundante en el monocultivo, el de los depredadores es en el policultivo, este mismo es el que tiene mayor riqueza de especies en ambos agroecosistemas, aunque este decrece en el monocultivo a comparación del policultivo.

Las trampas pitfall son el método más efectivo para la captura de la entomofauna, ya que colectaron el mayor número de insectos, tanto en riqueza como abundancia.

Los resultados en el presente trabajo proporcionan información que puede ser de gran ayuda para el agricultor, mejorando su panorama de las ventajas que proporciona el policultivo, asimismo es base para futuros trabajos relacionados con la entomofauna asociada a cultivos de *Zea mays*, como recomendación es necesario hacer más muestreos (dos por fase) y desde la germinación para poder tener una mejor comprensión sobre la entomofauna asociada a cada etapa y tener una mejor eficiencia de muestreo.

BIBLIOGRAFÍA

Alemán F. Manejo de malezas en el trópico. IMPRIMATUR, Managua 1997.

Altieri MA. ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional? CLADES 1991; 1:25-39.

Altieri MA. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 1999; 74:19-31.

Aragón GA. Entomofauna presente en el cultivo de maíz durante el ciclo agrícola primavera-verano de 1986 en la comunidad de Amatlán, Municipio de Zoquiapan, Puebla. Tesis de Licenciatura, Departamento de Edafología ICUAP, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 1987.

Asteraki EJ, Hart BJ, Ings TC, Manley WJ. Factors influencing the plant and invertebrate diversity of arable field margins. *Agric Ecosyst and Environ* 2004; 102: 219-231.

Brown BV, Borket A, Cumming JM, Wood DM, Woodley NE, Zumbado MA. *Manual of Central America Diptera: Vol 1*. NRC Research Press, Ottawa 2009.

Brown BV, Borket A, Cumming JM, Wood DM, Woodley NE, Zumbado MA. *Manual of Central America Diptera: Vol 2*. NRC Research Press, Ottawa 2010.

Caviglia OP, Sadras VO, Andrade FH. Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat-soybean. *Field Crops Res* 2004; 87: 117-129.

Chao A, Shen T-J. Program SPADE (Species prediction and diversity estimation) Program and User's Guide 2010. Available: <http://chao.stat.nthu.edu.tw>

Choate MP. Dichotomous Keys to Some Families of Florida Coleoptera. *Introduction to the Identification of Beetles (Coleoptera)* 2003; 23-33.

- Colwell RK. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples (Version 9) (Software) 2013. Available: purl.oclc.org/estimates
- Conway G. The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems* 1987; 24 (2): 95-117.
- Cuesta G. Fundamentos para la toma de decisiones con respecto a la continua liberación de la variedad de maíz fr-bt1, en la Empresa Cultivos Varios Horquita, Cienfuegos. Tesis de Maestría, INSTEC, Universidad de la Habana Cuba; 2011.
- Escobar MDA. Valoración Campesina de la diversidad del maíz: Estudio de caso de dos comunidades indígenas de Oaxaca, México. Tesis de Doctorado, Departamento de economía ecológica y gestión ambiental, Universidad Autónoma de Barcelona; 2006.
- Estrada V, Cambero J, Robles A, Rios C, Carvajal C, Isiordia N, Ruíz E. Parasitoids and Entomopathogens of the Fall Armyworm *Spodoptera Frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Nayarit, Mexico. *Southwestern Entomologist* 2013; 38 (2):339-344.
- Fernández F. Introducción a las Hormigas de la region Neotropical. Alexander von Humboldt, Bogotá 2003.
- Fierros-López EH. Guía para las Familias Comunes de Coleoptera de México. Centro de Estudios en Zoología, Guadalajara 2004.
- Gabuyo FS, Pujade-Villar J. Orden Hymenoptera. *Revista IDE@ - SEA* 2015; 59:1-36.
- García MT. Empleo de policultivos para el manejo de plagas en el maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas Santa Clara, Cuba; 2015.

- Gaston KJ. Biodiversity: a biology of numbers and difference. Cambridge (MA): Blackwell Science, 1996.
- Gilligan MT, Passoa CS. An identification resource for intercepted Lepidoptera Larvae. ITP: Identification Technology Program 2014. Available: idtools.org/id/leps/lepintercept/key.html.
- Gliessman SR. Agroecología: Procesos ecológicos en agricultura sostenible. LITOCAT Turrialba, Costa Rica 2002.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. 2001.
- Herrera J, Cadena P, Sanclemente A. Diversidad de la Artropofauna en monocultivo y policultivo de maíz (*Zea mays*) y habichuela (*Phaseolus vulgaris*). Boletín del Museo de entomología de la Universidad del Valle 2005; 6(1): 23-31.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). Síntesis geográfica, nomenclatura y anexo cartográfico del Estado de Puebla. México, D.F. 1987.
- Jen-Hu C. Tropical Agriculture: Crop Diversity and Crop Yields. Economic Geography 1977; 53 (3):241-254.
- Jost L. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. Ecology 2007; 88:2427-2439.
- Klein AM, Dewenter IS, Tschardt T. Predator-prey ratios on cocoa along a land-use gradient in Indonesia. Biodiv. Conserv 2002; 11: 683-693.
- Koricheva J, Mulder CPH, Schmid B, Joshi J, Huss-Danell K. Numerical responses of different trophic groups of invertebrates to manipulations of plant diversity in grasslands. Oecologia 2000; 125: 271-282.

- Kremen C, Colwell RK, Erwin TL. Terrestrial Arthropod Assemblages: Their Use in Conservation Planning. *Conservation Biology* 1993; 7 (4):796-808.
- La Salle J, Gauld ID. *Hymenoptera: Their diversity, and their impact on the diversity of other organisms*. In La Salle J, Gauld ID (Eds.) *Hymenoptera and biodiversity*, 1993; pp1-26
- Landis D, Wratten S, Gurr G. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 2000; 45:175-201.
- Langhof M, Gathmann A, Poehling H-M, Meyhöfer R. Impact of insecticide drift on aphids and their parasitoids: Residual toxicity, persistence and recolonisation. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 2003; 94 (3):265-274
- Liss WJ, Gut LJ, Westigard H, Warren CE. Perspectives on arthropod community structure, organization, and development in agricultural crops. *Annual Review of Entomology* 1986; 31:455-478.
- Magurran A. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing, Oxford 2004.
- Martínez-Martínez L, Colón-García E, García-García MA, Jarquín R, Sánchez-García JA. Riqueza de especies y gremios de arañas (Chelicerata: Araneae) en mono y plocultivo de maíz en Reyes Mantecón, Oaxaca. *Acarología y Aracnología* 2016; 64-69
- Martínez-Martínez L, Jarquín-López R, Silva-Rivera ME. Fauna benéfica en cultivos en maíz y maíz-frijol en Oaxaca, México. *Arácnidos Entomología Mexicana* 2011; 12 980-982.
- McAlpine JF. *Manual of Nearctic Diptera*. Research Branch: Agriculture Canada, Ottawa 1981.

- Mirabal L, Gonzalez C, Castillo N. Entomofauna asociada a dos agroecosistemas de maíz (*Zea mays* L.) en San José de las Lajas, Mayabeque. *Métodos en Ecología y Sistemática* 2016; 11(2): 47-57.
- Montañez MN. Impacto de los cultivos orgánicos sobre la diversidad de insectos: una revisión de investigaciones recientes. Tesis de Maestría, Facultad de estudios ambientales y rurales, Pontificia Universidad Javeriana; 2014.
- Moreno CE, Rodríguez P. Commentary: Do we have a consistent terminology for species diversity? Back to basics and toward a unifying framework. *Oecologia* 2011; 167:889-892.
- Moreno CE. Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera. CYTED, Zaragoza 2005.
- Moreno CE. Métodos para medir la biodiversidad. M&T Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza 2001.
- New TR. Untangling the web: Spiders and the Challenges of Invertebrate Conservation. *Insect Conservation* 1999; 3:251-256.
- Nicholls C. *Classical biological control in Latin America, past, resent, and future*. In: Bellows TS, Fisher TW (Eds.). *Handbook of biological control* 1999; pp 975-991.
- Ordóñez-Reséndiz MM, López-Pérez S, Rodríguez-Mirón G. Biodiversidad de Chrysomelidae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 2014; 85:271-278.
- Ospina SMC, Rodríguez CHJ, Peck CD. Clave para la identificación de géneros de Collembola en agroecosistemas de Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 2009; 35 (1):57-61.

- Peck SL, Mcquaid B, .Campbell CL. Using ant species (Hymenoptera: Formicidae) as a Biological Indicator of Agroecosystem Condition. *Environ. Entomol* 1998; 27:1102-1110.
- Pérez D, Sánchez D. Efectos de Policultivos (Tomate: *Lycopersicum esculent* Mill, Pipian: *Cucurbita pepo* L, Frijol: *Phaseolus vulgaris* L).en la incidencia poblacional de insectos plagas e insectos benéficos. Tesis de Licenciatura, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria Managua, Nicaragua; 2005.
- Pineda-López R, Verdú-Faraco JR. Cuaderno de Practicas: Medición de la biodiversidad, diversidad alfa, beta y gamma. Universidad de Alicante, 2013.
- Ramírez P, Alvarado TLV. 1986. Fluctuación de la población de insectos que inciden en el cultivo de maíz de temporal, en la región de San Buenaventura Tecaltzingo Municipio de San Martín Texmelucan, Puebla. Tesis de Licenciatura, Departamento de edafología ICUAP, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla; 1986.
- Ramírez-Juárez J. El papel de la agricultura familiar en regiones agrarias frágiles y en el desarrollo rural. La cordillera del Tentzo, Puebla, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 2013; 10:459-477.
- Rengifo-Correa AL, González R. Clave Ilustrativa para la Identificación de las Familias de Pentatomomorpha (Hemiptera-Heteroptera) de Distribución Neotropical. *Bol cient mus hist nat* 2011; 15 (1):168-187.
- Ríos L. Biodiversidad de hormigas en México. *Rev. Mexicana de Biodiversidad* 2014; 85 (3):392-398.
- Robledo-Arratia L. La historia de la agricultura y los cultivos transgénicos. CIENCIORAMA 2014. Disponible en: www.cienciorama.unam.mx/a/pdf/323_cienciorama.pdf

- Root RB. Organization of a plant arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collar (*Brassicae oleraceae*). *Ecol Monogr* 1973; 43:95-124.
- Ryszkowski L, Karg J, Margarit G, Paoletti MG, Zlotin R. *Above-ground insect biomass in agricultural landscapes of Europe*. In: Bunce RGH, Ryszkowski L, Paoletti MG (Eds). *Landscape ecology and agroecosystems*. Boca Raton, 1993; pp 71-82.
- Sevilla GE. Agroecología y desarrollo rural sustentable : una propuesta desde Latino América. *Agroecología y Desarrollo Rural Sustentable Sostenible* 2000; 1:1–28.
- Silva Z. Plagas Asociadas al cultivo del maíz: Principales aspectos agroecológicos en la comunidad rural El Carito. Tesis de Maestría, Agroecología y Desarrollo Endógeno, Universidad de Las Tunas Cuba; 2014.
- Stupino SA, Frangi JL, Sarandón SJ. Efecto del manejo sobre la diversidad de plantas espontáneas en cultivos del Cinturón Hortícola de la ciudad de La Plata, Argentina. *SOCLA* 2014; A5:1–5.
- Symington AC. Lethal and sublethal effects of pesticides on the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae) and its parasitoid *Orgilus lepidus* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae). *Crop Protection* 2003; 22 (3):513-519.
- Toledo F, Martínez C, Martínez A, Gutiérrez H. Fauna asociada al cultivo del maíz en Santa María, Tlahuitoltepec Oaxaca. *INIFAP* 2012; 5p.
- Triplehorn AC, Johnson FN. *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects* Seventh Edition. Brooks/Cole, USA 2005.
- Vandermeer JH, Perfecto I. *Breakfast of Biodiversity. The Truth about Rain Forest Destruction*. Institute for Food and Development Policy, Estados Unidos 1995.

Vázquez LL. Desarrollo agroecológico de la adopción de tecnologías y la extensión para la sanidad vegetal en los sistemas agrarios de Cuba. *Revista Brasileira de Agroecología* 2008; 3(1):3-12.

Wackers FL. Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: Flowers attractiveness and nectar accessibility. *Biological Control* 2004; 29:307-314.

Willey RW. Resource use in intercropping systems. *Agric Water Manage* 1990; 17:215-231.