



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA**

**ESTRUCTURA DEL AGROECOSISTEMA  
SOBRE LA DIVERSIDAD DE  
ARTRÓPODOS DEPREDADORES Y  
PARASITOIDES EN CULTIVOS DE MAÍZ**

**T E S I S :**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**BIÓLOGA**

**P R E S E N T A :**

**Brenda Ramírez García**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**Juan Fornoni Agnelli**



**2015**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Este proyecto fue realizado en el Laboratorio Interacción Planta - Animal del Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México bajo la dirección del Dr. Juan Enrique Fornoni Agenlli.

Este proyecto fue financiado por el Instituto de Ecología, UNAM a través del presupuesto operativo del Dr. Juan Enrique Fornoni Agnelli.

*“La imaginación es más importante que el conocimiento. El conocimiento es limitado, la imaginación rodea el mundo.”*  
— Albert Einstein

*“Una gran cantidad de talento se pierde en el mundo por la falta de valor.”*  
— Sydney Smith

**Dedicatoria:**

A mi madre y a mi padre

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo no habría sido posible sin la participación de muchas personas.

Mi madre, por educarme con tanto amor, amor de madre loca. Por enseñarme a tener la firmeza y decisión para conseguir lo que me proponga. Además de siempre darme todo lo necesario (y más de lo necesario) para llegar a ser la persona que soy ahora. A mi papá por cuidarme e instruirme tus valores. Por todo el apoyo y por siempre haber confiado en mí.

A mi hermanito, mi inspiración y lo más importante en mi vida. Por todo el apoyo, sobre todo tus malos chistes acerca de las tesis, que estoy segura solo tenían el propósito de impulsar este trabajo.

A mi familia por su apoyo y confianza, aun sin entenderme mucho. Muy especialmente a mis amados abuelita y abuelito.

A Jossi por aparecer en mi vida y hacerla más bonita. Por ser una persona admirable que me ha inspirado. Y por todo el apoyo aun en las ideas más complicadas.

A Marce por hacer que todo momento sea más feliz, gracias por todo el apoyo, consejos, opiniones y por acompañarme la mitad de esta vida y lo que falta. Chucho por todo el tiempo, consejos y apoyo invaluable. A Dany por tu gran y motivadora amistad.

A mis compañeros de la carrera por todas las experiencias y aprendizajes juntos, especialmente a Memito y a Leidy.

A todos los que apoyaron en el trabajo en campo, en la identificación y los análisis, especialmente a Dariana, Victor y Elias.

A la comunidad de Vicente Guerrero y a los campesinos Francisco Sánchez, Manuel Sánchez, Teodoro Juárez, Rogelio Sánchez, Alfonso Pelcastre, Emiliano Juárez, Guillermo Ramírez, Luis Cruz, Víctor Juárez, Alfredo González, Panfilo, Celso González, Vicente Pelcastre, Alejandro Sánchez y Francisco Gutiérrez que con gran amabilidad nos dieron la oportunidad de trabajar en sus parcelas, convivieron con nosotros y nos enseñaron sobre la vida del campo.

A todos los que conforman el Laboratorio de Interacción Planta-Animal, Miguel, Fatima, Lupita, Manuel, Benito, Sofi, Xoch, Pau, Michell, Jess y Emiliano por las pláticas, consejos, el apoyo y todo este tiempo que he tenido el gusto de pasar junto a ustedes. En particular a Luz por todo el apoyo en campo, los consejos, por guiarme a lo largo de mi trayecto en el laboratorio. Y no menos importante, a las chicas por mantener el abastecimiento de dulces.

Al M. en C. Rubén Pérez por el apoyo técnico prestado a lo largo de la realización de este proyecto.

A mis sinodales Dr. Hibraim Pérez, Dra. Mariana Benítez, Dra Leticia Ríos y Dr. Raúl Cueva por su amabilidad, apoyo y comentarios que enriquecieron notablemente este trabajo.

Muy especialmente al Doctor Juan Fornoni, primero que nada por aceptarme y apoyarme a lo largo de todo el desarrollo de este proyecto. Además de la gran paciencia para explicarme, aún las dudas más torpes. Por todos los consejos y guía de padre académico.

A la FES Iztacala, Instituto de Ecología y la UNAM que a lo largo de mi carrera me dieron la oportunidad de tener una educación de calidad, desarrollarme en una de las instituciones más importantes de ecología del país y tener el renombre de pertenecer a la máxima casa de estudios.

## ÍNDICE

|                                                                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. RESUMEN .....</b>                                                                                                                               | <b>10</b> |
| <b>2. INTRODUCCIÓN .....</b>                                                                                                                          | <b>11</b> |
| <b>3.HIPÓTESIS .....</b>                                                                                                                              | <b>21</b> |
| <b>4. OBJETIVOS .....</b>                                                                                                                             | <b>22</b> |
| <b>5. MATERIAL Y METODOS .....</b>                                                                                                                    | <b>23</b> |
| <b>5.1 ÁREA DE ESTUDIO .....</b>                                                                                                                      | <b>23</b> |
| <b>5.2 SELECCIÓN DE LAS PARCELAS .....</b>                                                                                                            | <b>24</b> |
| <b>5.3 CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA DE CULTIVO .....</b>                                                                                               | <b>24</b> |
| <b>5.4 CARACTERIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA VEGETACIÓN .....</b>                                                                      | <b>26</b> |
| <b>5.5 RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE DEPREDADORES Y PARASITOIDES .....</b>                                                                                  | <b>27</b> |
| <b>5.6 RENDIMIENTO DE MAÍZ .....</b>                                                                                                                  | <b>27</b> |
| <b>5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS .....</b>                                                                                                                | <b>28</b> |
| <b>6. RESULTADOS .....</b>                                                                                                                            | <b>31</b> |
| <b>6.1 RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE DEPREDADORES Y PARASITOIDES .....</b>                                                                                  | <b>31</b> |
| <b>6.2 AUTOCORRELACIÓN ESPACIAL .....</b>                                                                                                             | <b>33</b> |
| <b>6.3 CORRELACIÓN ENTRE FACTORES CONTINUOS.....</b>                                                                                                  | <b>36</b> |
| <b>6. 4 EFECTOS DE LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y LA ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN<br/>VEGETAL SOBRE LA RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ARAÑAS Y PARASITOIDES .....</b> | <b>37</b> |
| <b>7. DISCUSIÓN .....</b>                                                                                                                             | <b>42</b> |
| <b>7. 1 PRÁCTICAS AGRÍCOLAS DE MANEJO .....</b>                                                                                                       | <b>45</b> |
| <b>7.2 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN VEGETAL .....</b>                                                                                                     | <b>46</b> |
| <b>7.3 RENDIMIENTO DE MAÍZ .....</b>                                                                                                                  | <b>47</b> |
| <b>8. CONCLUSIONES .....</b>                                                                                                                          | <b>49</b> |
| <b>9. BIBLIOGRAFIA .....</b>                                                                                                                          | <b>50</b> |
| <b>10. ANEXOS .....</b>                                                                                                                               | <b>53</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1</b> Descripción de las variables usadas en los análisis estadísticos. ....                                                                                                  | 29 |
| <b>Tabla 2</b> Valores de F y significancia (“ *** ” < 0.001, “ ** ” < 0.01, “ * ” < 0.05, “ . ” < 0.1) de los modelos promedios obtenidos de los modelos lineales generalizados. .... | 45 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> Evolución mundial de las tierras de cultivo de regadío y de temporal (1961-2008). ....                                                                                                             | 11 |
| <b>Figura 2</b> Incremento en producción e ingresos global por el uso de insecticidas. ....                                                                                                                        | 13 |
| <b>Figura 3</b> Componentes de una estrategia agroecológica. ....                                                                                                                                                  | 15 |
| <b>Figura 4</b> Componentes, funciones y estrategias de mejoramiento de la biodiversidad funcional en agroecosistemas. ....                                                                                        | 17 |
| <b>Figura 5</b> Representación gráfica de la hipótesis planteada en este estudio. ....                                                                                                                             | 21 |
| <b>Figura 6</b> Ubicación de la localidad de Vicente Guerrero dentro del municipio de Españita, Tlaxcala. ....                                                                                                     | 23 |
| <b>Figura 7</b> Imagen satelital de la localidad de Vicente Guerrero. . ....                                                                                                                                       | 25 |
| <b>Figura 8</b> Ejemplo de la selección de bordes de cultivo en las parcelas de maíz y/o policultivos. ....                                                                                                        | 26 |
| <b>Figura 9</b> Abundancia de las distintas morfoespecies de arañas. Porcentajes y nombres de las morfoespecies más abundantes. ....                                                                               | 31 |
| <b>Figura 10</b> Abundancia de las distintas morfoespecies de avispas. Porcentajes y nombres de las morfoespecies más abundantes. ....                                                                             | 32 |
| <b>Figura 11</b> Análisis de autocorrelación espacial entre la matriz de distancias euclidianas entre las parcelas con la matriz de las distancias lineales de los valores de riqueza y abundancia de arañas ....  | 33 |
| <b>Figura 12</b> Análisis de autocorrelación espacial entre la matriz de distancias euclidianas entre las parcelas con la matriz de las distancias lineales de los valores de riqueza y abundancia de avispas .... | 34 |

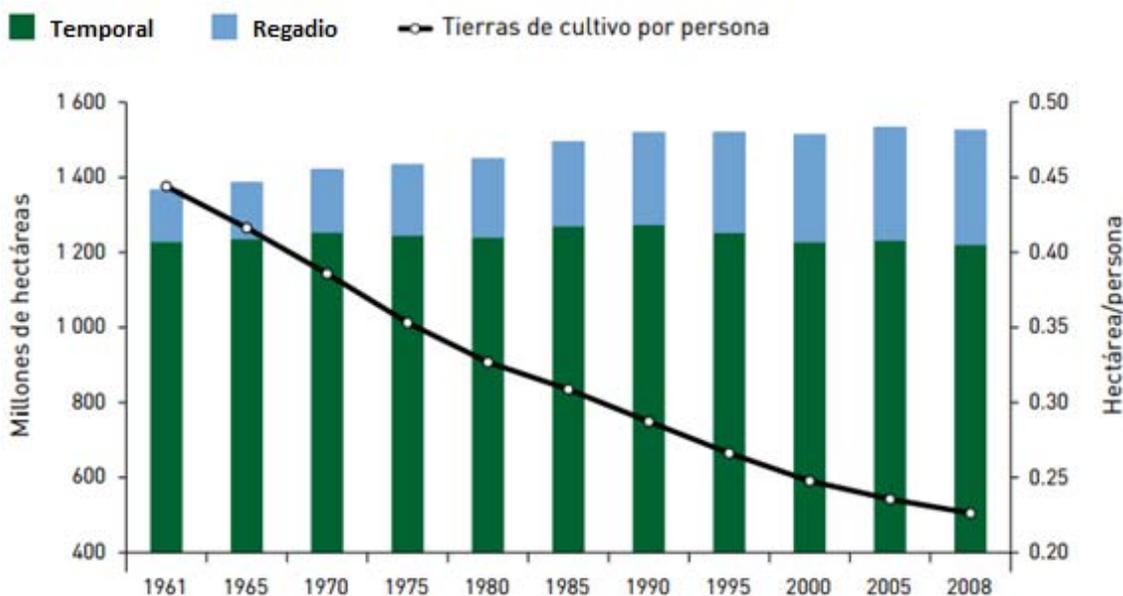
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 13</b> Análisis de autocorrelación espacial entre la matriz de distancias euclidianas entre las parcelas con la matriz de las distancias lineales de los valores de rendimiento.....                                                                                                       | 35 |
| Figura 14 Estructura de las correlaciones entre las variables geográficas y biológicas. Las líneas continuas denotan correlaciones positivas, mientras que las líneas punteadas representan correlaciones negativas; el grosor de las líneas es proporcional a la intensidad de la correlación. .... | 36 |
| <b>Figura 15</b> Relación significativa (líneas azules) $\pm 95\%$ intervalos de confianza (áreas grises) .....                                                                                                                                                                                      | 37 |
| <b>Figura 16</b> Relación significativa (líneas azules) $\pm 95\%$ intervalos de confianza (áreas grises) .....                                                                                                                                                                                      | 38 |
| <b>Figura 17</b> Relación significativa (líneas azules) $\pm 95\%$ intervalos de confianza (áreas grises) entre las variables de mantenimiento, de vegetación y geográficas relacionadas a la riqueza de avispa. ....                                                                                | 39 |
| <b>Figura 18</b> Relación significativa (líneas azules) $\pm 95\%$ intervalos de confianza (áreas grises) entre las variables de vegetación y geográficas significativas para la abundancia de avispa.....                                                                                           | 40 |
| <b>Figura 19</b> Relación significativa (líneas azules) $\pm 95\%$ intervalos de confianza (áreas grises) entre la variable de área de borde/área de la parcela con el rendimiento final de las parcelas. ....                                                                                       | 41 |

## 1. RESUMEN

La creciente demanda de producción de alimentos ha favorecido la expansión e intensificación de los sistemas agrícolas. Sin embargo, esto ha conllevado problemáticas ambientales resultando en la destrucción, erosión y fragmentación del hábitat y subsecuentemente en la pérdida de biodiversidad y los servicios ecosistémicos, como el control biológico. Estos servicios dependen del movimiento de los artrópodos a través de diferentes escalas geográficas, además de la estructura y la complejidad de arquitecturas vegetales. Este estudio se realizó en la comunidad de Vicente Guerrero, Tlaxcala, donde se analizó la importancia relativa de variables de prácticas agrícolas de manejo, composición vegetal y estructura geográfica sobre la riqueza y abundancia de artrópodos depredadores y parasitoides (arañas y avispas); para lo cual se seleccionaron 20 parcelas de cultivo de maíz o maíz con calabaza o maíz con frijol. Se realizaron entrevistas con los agricultores para identificar la variedad de prácticas de mantenimiento agrícola. Se muestreó la diversidad herbáceas y pastos a lo largo de los bordes y se caracterizó la estructura geográfica por medio de mapas. Por último se colectaron y determinaron arañas y avispas de los bordes de las parcelas. Al determinar la asociación entre la diversidad de prácticas agrícolas y la estructura y composición vegetal de los bordes de las parcelas se observó que las variables de mantenimiento que influyeron sobre la riqueza y/o abundancia de las arañas y avispas fueron únicamente el cultivo anterior y la aplicación de insecticidas. Mientras que entre las variables geográficas el cociente del área de borde/área de parcelas tuvo una importante relación con la abundancia de arañas y avispas y la riqueza de avispas. La distancia al asentamiento humano tuvo relación únicamente con la abundancia de arañas. Las variables de la composición de la vegetación, abundancia de herbáceas y cobertura de pastos tuvieron efectos únicamente sobre la riqueza y abundancia de avispas. Finalmente al relacionar el rendimiento de maíz con la estructura y composición de especies vegetales y el mantenimiento del cultivo solamente se apreció un efecto del cociente del área de borde/área de la parcela. Sin embargo ninguna variable de mantenimiento tuvo efecto sobre el rendimiento.

## 2. INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de alimentos ha sido siempre una preocupación fundamental del ser humano y representa un reto para los gobiernos del mundo. Un factor importante de este problema es la tasa exponencial de crecimiento poblacional que se ha presentado durante los últimos 55 años. Esto ha generado que actualmente exista una presión muy fuerte para incrementar la superficie de tierras de cultivo y la productividad global. En los últimos cuarenta años ha aumentado en más de un cuarto la proporción de tierra cultivada, representando aproximadamente mil millones de hectáreas (Dixon *et al.*, 2001; Figura 1). A pesar de que detrás de estas medidas se plantea garantizar el acceso igualitario de la población a los alimentos y a los recursos necesarios para producirlos, sin embargo, las estrategias de producción de alimentos no son sostenibles a largo plazo. La expansión de la agricultura sumada a los cambios en las tecnologías de producción ha tenido como resultado la destrucción, deterioro, erosión y fragmentación del hábitat, lo cual ha ocasionado problemas ambientales como la pérdida de la biodiversidad y servicios



**Figura 1** Evolución mundial de las tierras de cultivo de regadío y de temporal (1961-2008).  
Fuente (FAO, 2011)

ecosistémicos (Seufert *et al.*, 2012), además de otros que afectan directa o indirectamente a la salud y la soberanía alimentaria.<sup>1</sup>

Actualmente se proponen dos sistemas de producción de alimentos: el "cultivo convencional", también denominado "agricultura moderna" o "agricultura industrial" dependiente de insumos tecnológicos y el sistema "agroecológico" o "sustentable" con menor o nula dependencia de insumos externos.

El cultivo convencional es el sistema agrícola prevalente en todo el mundo y se ha ido desarrollando e innovando tecnológicamente alrededor de los últimos 70 años. Este sistema de producción genera enormes ganancias en un tiempo relativamente corto. Se caracteriza por ciertas particularidades, que son: rápida innovación tecnológica, amplia inversión de capital acorde a una amplia producción y mantenimiento tecnológico; campos de cultivo a gran escala, monocultivos, o cultivos en hileras continuos, alto rendimiento de cultivos híbridos, extenso uso de plaguicidas, fertilizantes y la entrada de energía externa (combustibles, maquinaria, etc.), alta eficiencia laboral y dependencia de agronegocios. (Bird, *et al.*, 1999).

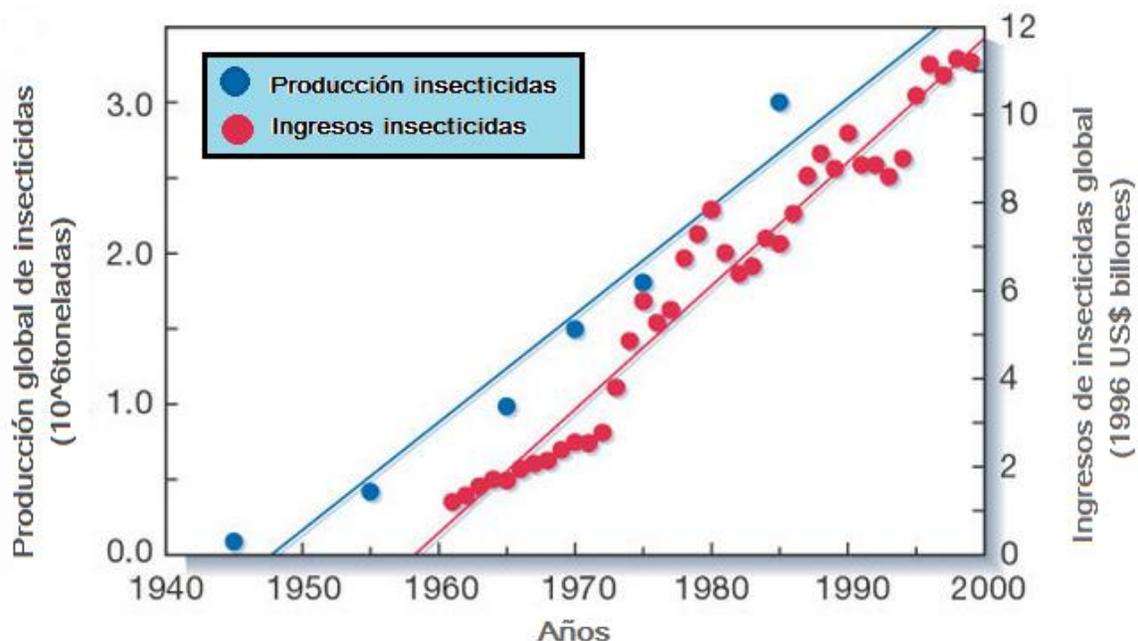
Este rápido desarrollo tecnológico ha sido el resultado de un intenso proceso de selección artificial para maximizar la producción en un escenario sin limitación de recursos, competencia inter-específica y enemigos naturales (patógenos, insectos herbívoros y parásitos). Sin embargo, se ha vuelto inevitable que la producción requiera de insumos tecnológicos para mantener la productividad de las cosechas (Altieri y Nicholls, 2000; Glaeser, 2011). Esto ha impactado negativamente a tres niveles: 1) problemáticas relacionadas al ecotopo: lo cual incluye la erosión, pérdida de fertilidad del suelo, agotamiento de las reservas de nutrientes; salinización y alcalinización, contaminación de los sistemas acuíferos, entre otros.

---

<sup>1</sup> La Soberanía Alimentaria se entiende como el derecho de un país a definir sus propias políticas y estrategias sustentables de producción, distribución y consumo de alimentos, que garanticen el derecho a la alimentación sana y nutritiva para toda la población, respetando sus propias culturas y la diversidad de los sistemas productivos, de comercialización y de gestión de los espacios rurales (FAO, 2012).

2) problemáticas a la comunidad biótica, lo cual se refiere a la pérdida de la agrobiodiversidad y recursos genéticos, eliminación de enemigos naturales de los herbívoros, reaparición de plagas y resistencia genética a los plaguicidas y destrucción de los mecanismos de control natural, (Altieri y Nicholls, 2000; Bianchi *et al.*, 2006; Jonsson *et al.*, 2012) y 3) problemáticas asociadas a la salud y a la soberanía alimentaria, como son la intoxicación por la exposición a los agroquímicos, la sustitución de semillas nativas por las de tipo comercial, alergias a los alimentos derivados de organismos transgénicos, efectos crónicos y subcrónicos de los alimentos transgénicos, entre otros (Lopez-Revilla y Martínez, 2013).

Los agroecosistemas convencionales adaptados a extensos monocultivos con altos grados de simplificación no poseen los mecanismos ecológicos necesarios de defensa para tolerar el impacto de grandes poblaciones de plagas. Por el contrario, representan una concentración de recursos para los herbívoros especializados y reducen las oportunidades ambientales para los enemigos naturales volviéndolos inestables y susceptibles a los brotes de plagas. Las pérdidas en rendimiento causadas por los brotes de plagas alcanza entre un 20% y 30% para algunos cultivos, por lo cual se ha vuelto necesario subsidiarlos energéticamente con el uso de plaguicidas. Sin embargo, los plaguicidas han disminuido su eficiencia

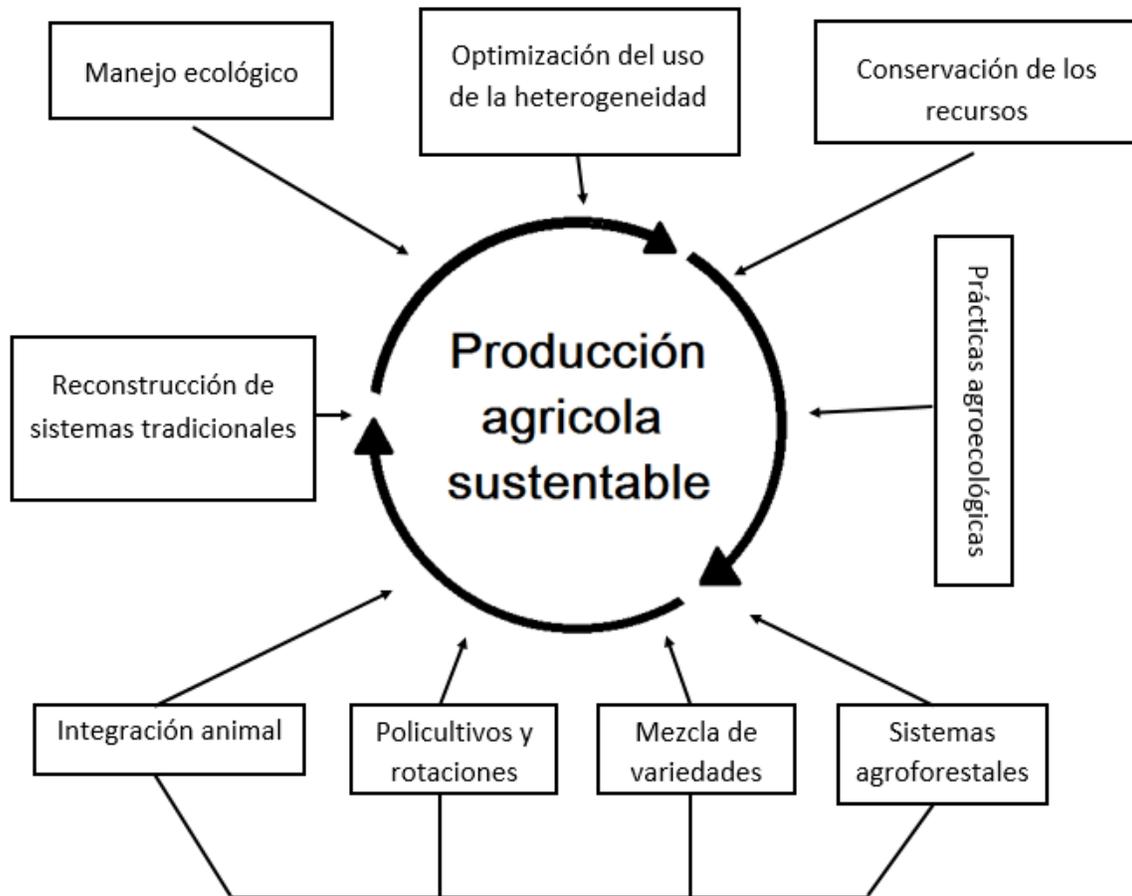


**Figura 2** Incremento en producción e ingresos global por el uso de insecticidas. Fuente (Tilman *et al.*, 2002)

debido a su constante y mal uso (Figura 2), resultando en el estancamiento del rendimiento de los cultivos e incluso su decrecimiento (Altieri y Nicholls, 2000).

Con el desarrollo tecnológico en los sistemas convencionales se ha incrementado sustancialmente el rendimiento de los cultivos y paralelamente se ha dado un incremento de los costos de producción. Esto ha llegado a un punto en el que en algunos sistemas agrícolas modernos la cantidad de energía invertida para producir un rendimiento deseado sobrepasa la energía cosechada (Poveda et al., 2008) y se vuelve inaccesible para los pequeños productores o los lleva a la deuda continua.

Por otro lado el sistema agroecológico o sustentable es un sistema de producción ecológico que promueve y mejora la biodiversidad, los ciclos biológicos y la actividad biológica de los suelos. Este sistema se basa en el mínimo o nulo uso de insumos, y emplea prácticas agroecológicas que tienen el objetivo de restaurar, mantener o ayudar a mejorar la estabilidad ecológica que se logra al explotar las complementariedades y sinergias del diseño de agroecosistemas diversificados que combinan cultivos, árboles y animales en diferentes arreglos espaciales y temporales (Figura 3; Altieri y Nicholls, 2000). El sistema agroecológico responde a condiciones específicas de cada sitio al integrar prácticas culturales, biológicas y mecánicas que favorecen el ciclo de los recursos, promueven la conservación biológica. (Bird, *et al.* 1999). Es por esto que ha resultado ser una estrategia rentable para los pequeños campesinos, pues en condiciones subóptimas de recursos es una estrategia más adaptativa para maximizar la productividad.

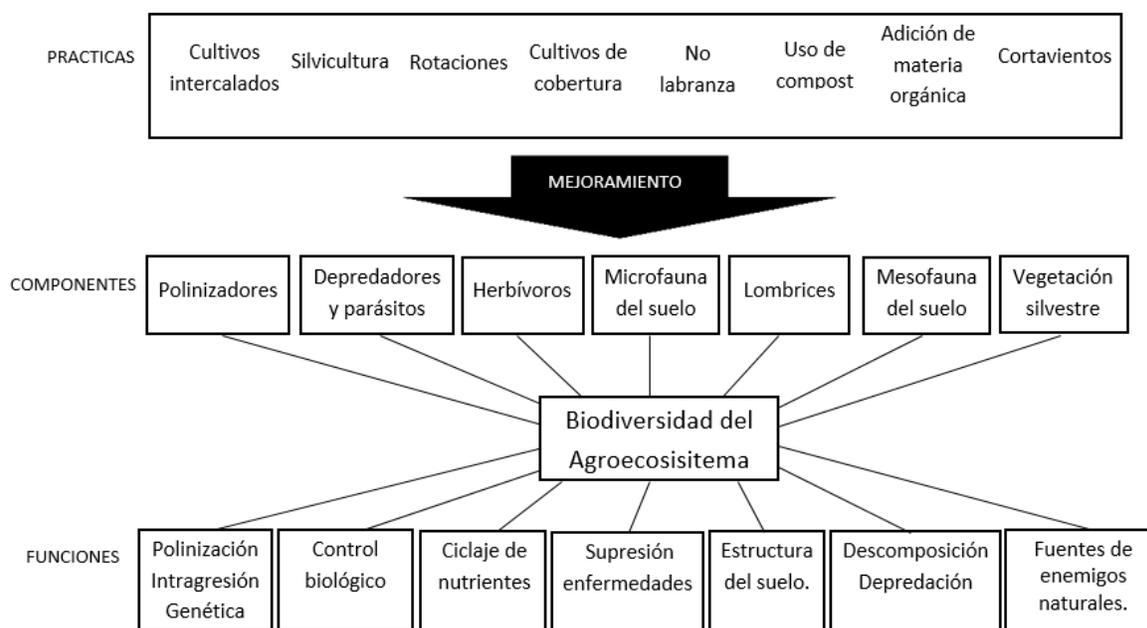


**Figura 3** Componentes de una estrategia agroecológica. Fuente (Modificado de Altieri y Nicholls, 2000)

La importancia de la biodiversidad en los agroecosistemas se ve reflejada en las funciones ecosistémicas, tales como la polinización o el control biológico. (Fabian et al., 2013; Poveda et al., 2008). Los mecanismos “top- down” y “bottom-up” son fuerzas que actúan en concreto para influenciar las poblaciones de la mayoría de los insectos fitófagos (Boyer et al., 2003). Cuanto más diversa sea la comunidad en términos de número de especies y de complejidad estructural, los efectos descendientes “top-down” serán más importantes, mientras que cuando el sistema se simplifica drásticamente los efectos ascendentes “botom-up” cobran mayor relevancia. (Hopcraft et al., 2010; Polis, 1999). La abundancia de plagas puede ser controlada a través de mecanismos top-down, tales como la depredación o botom-up, a través de restricciones en la producción primaria, como la fertilidad

del suelo. Los estudios sugieren que una mayor diversidad de la comunidad de insectos promueve la uniformidad y estabilidad de los niveles tróficos y esto influencia la complejidad de las interacciones entre especies (Tylianakis et al., 2007). Bajo este escenario más diverso en que las relaciones depredador-presa cobran mayor relevancia, el mecanismo top- down es el medio de regulación de las poblaciones de herbívoros (Crowder et al., 2010). Por el contrario, en ambientes menos complejos donde la composición trófica es el resultado de una provisión de recursos concentrados para unas pocas especies, se favorecen los brotes de plagas (Altieri, 1999). Esto crea un ambiente donde la regulación es dependiente del uso de plaguicidas.

Se estima que del 10 al 15% de los 960 millones de hectáreas de campos que se encuentran bajo cultivo en el mundo desarrollado son mantenidos por agricultores tradicionales. Estos sistemas se han ido desarrollando durante miles de años y se encuentran localmente adaptados como resultado de sinergias entre prácticas agroecológicas (Figura 4). Ejemplos de ello es el caso del control biológico que recae ampliamente en las prácticas culturales y en la ocurrencia natural de depredadores y parasitoides para controlar los brotes de insectos plaga. Estos servicios permiten reducir las pérdidas de producción sin consecuencias negativas al ambiente que resultan del uso de pesticidas (Bianchi et al., 2006).



**Figura 4** Componentes, funciones y estrategias de mejoramiento de la biodiversidad funcional en agroecosistemas. Fuente (Modificado de Altieri y Nicholls, 2000)

La conversión a gran escala a cultivos orgánicos se ha sugerido como uno de los mecanismos para revertir los procesos de intensificación agrícola y se cree que lleva a incrementar la diversidad biológica arriba del 30% para algunos taxa (Macfadyen et al., 2009). Sin embargo también se ha observado lo contrario; Bengtsson y colaboradores (2005) mostraron en un metanálisis que el 16 % de estudios en cultivos orgánicos tuvieron un efecto negativo en la riqueza de especies. Por lo que Hole y colaboradores (2005) enfatizan que las contradicciones son debidas a problemas metodológicos, ya que una simple comparación entre los cultivos convencionales y orgánicos no considera la importancia de la diversidad de prácticas agrícolas que pueden existir en cada sistema agrícola. Las prácticas agrícolas son todas las técnicas y las implementaciones por los agricultores en el campo y sus márgenes, con el principal propósito de asegurar la producción agrícola en corto y largo plazo (Vasseur et al., 2013). Por lo que la diversidad de prácticas agrícolas pueden variar no solo únicamente por el sistema de cultivo, sino también según el país, región, localidad o incluso según el campesino.

Consecuentemente, se resalta que los cultivos orgánicos que tienen más alta biodiversidad (más especies de depredadores, parasitoides y patógenos) pueden estar mejor protegidos contra nuevas plagas en comparación con sus contrapartes convencionales (Macfadyen et al., 2009). La presencia y funcionalidad de la biodiversidad depende del movimiento de los artrópodos a través de la matriz del paisaje y la complejidad de arquitecturas vegetales, que favorecen la abundancia de los enemigos naturales y su efectividad (Mitchell et al., 2014). La complejidad de la estructura del agroecosistemas se refiere a una alta diversidad de hábitats, no solo campos de cultivo, bosques, campos, bordes y márgenes del campo han sido reportados que actúan como reservorios de biodiversidad para plantas, insectos, aves y mamíferos (Mitchell et al., 2014). De esta forma, una mayor diversidad en estructura provee recursos como néctar o polen, presas alternativas, refugio, recursos de anidación, hábitats de invernación y conectividad para diferentes grupos de artrópodos, incluyendo a los enemigos naturales de los cultivos (Shackelford et al., 2013). De manera general, se ha observado que existe una alta colinealidad entre el grado de intensificación y la disminución de las estructuras vegetales circundantes a los cultivos y con mayores niveles de diversidad (Jonsson 2012). Los hábitats no cultivables pueden sostener una amplia diversidad de enemigos naturales (Bianchi et al., 2010) y ayudar a mejorar su impacto en la dinámica de poblaciones plaga (Alhmedi et al., 2011).

En particular, las especies de los niveles tróficos más elevados: parásitos y depredadores, pueden sufrir desproporcionadamente más de aislamiento que sus hospederos o presas, como una consecuencia de su limitada capacidad de dispersión y colonización (Scherber et al., 2010). Marino y Landis (1996) han mostrado que incrementar la diversidad estructural en los agroecosistemas resulta en una diversidad más alta de herbívoros e insectos benéficos. Sin embargo aún no hay un consenso sobre la estructura de la matriz del agroecosistema y los mecanismos para incrementar la diversidad. En un metanálisis Chaplin-Kramer y colaboradores (2011) analizaron estudios sobre la relación entre la complejidad del

campo con la diversidad de plagas y enemigos naturales, donde todas las respuestas asociadas al efecto de la complejidad del campo sobre los enemigos naturales fueron positivas. No obstante encontraron diferencias únicamente entre generalistas y especialistas. Por otro lado, Schackelford y colaboradores (2013) analizaron el efecto de la complejidad del campo sobre enemigos naturales (arañas, parasitoides y escarabajos) y observaron un efecto positivo para los enemigos naturales. Sin embargo, mientras que para arañas los resultados fueron significativos, para parasitoides y escarabajos los resultados fueron inconsistentes. A ambos estudios se destacan por un sesgo geográfico, pues los estudios utilizados fueron mayormente de Europa y Norte América. Por ello es importante el enriquecer el conocimiento de la influencia de la composición y estructura de hábitats sobre los enemigos naturales bajo diferentes ambientes.

La milpa es un sistema de policultivo de origen mesoamericano que se practica desde hace miles de años. Es dominado por la producción de maíz, que se combina con frijol, calabaza, chile, jitomate, tomate verde, entre otras especies de plantas domesticadas y semidomesticadas, así como especies forestales (Boege, 2010). La milpa constituye una unidad ecológica evolutiva en la cual han diversificado las especies vegetales que se le asocian. Tanto las especies que crecen en ella como su dinámica varían de manera importante en función de las condiciones culturales, climáticas y geográficas del país. Este sistema de producción de alimentos a pequeña escala (2-5 ha) sigue muchos de los principios agroecológicos mencionadas anteriormente por lo que representa un sistema de estudio único para entender y mejorar las prácticas de manejo sostenible (Benítez y Fornoni, 2013). Por lo tanto, entender y aprovechar las propiedades de la milpa combinado con el desarrollo de prácticas agroecológicas ayudaría a garantizar la producción alimentaria.

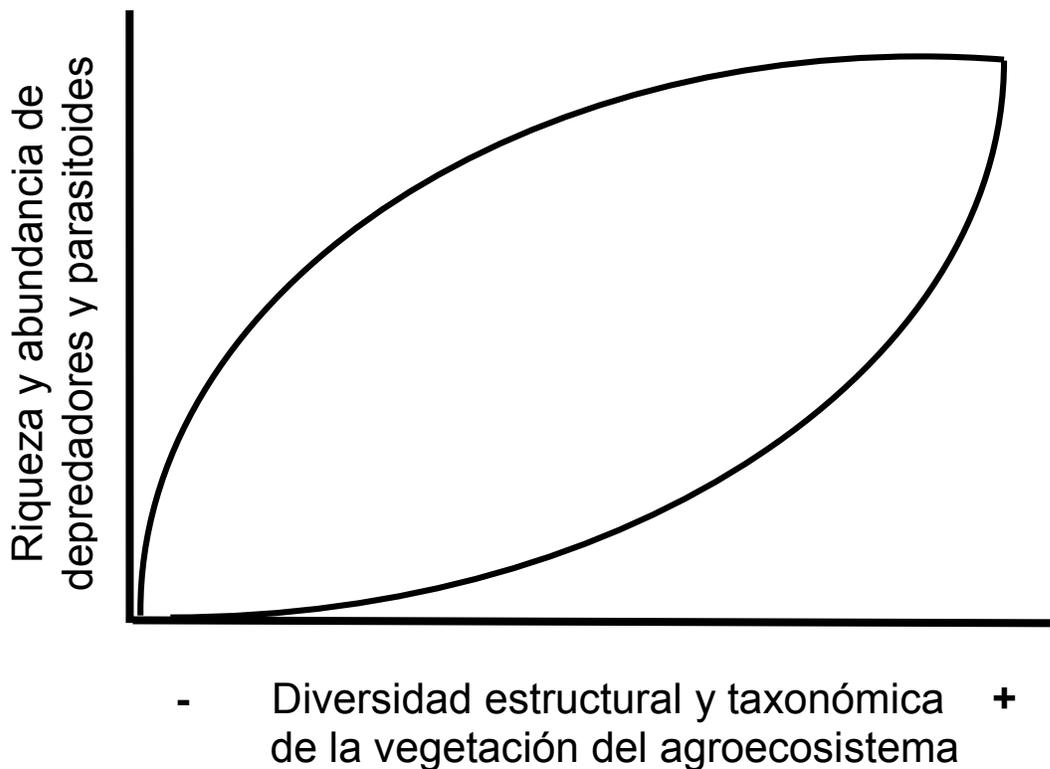
En general el grado de la biodiversidad depende de cuatro caracteres principales: (1) la diversidad de la vegetación en y alrededor del agroecosistema; (2) la permanencia de varios cultivos; (3) la intensidad del mantenimiento; (4) el grado de aislamiento a la vegetación natural (Altieri, 1999). Por lo tanto, con el propósito

de evaluar si la riqueza y abundancia de artrópodos depredadores y parasitoides (arañas y avispas) está asociada a las prácticas agrícolas de manejo del cultivo, la estructura y composición de la vegetación de los bordes y su influencia en la productividad de maíz nativo de los campos agrícolas pequeños tipo milpa; en este estudio se emplearon variables de la diversidad de la vegetación (1), prácticas de agrícolas más relevantes (2) y estructura geográfica (4)

### 3.HIPÓTESIS

(1) Si las prácticas agrícolas de manejo, la diversidad taxonómica y estructural de los sistemas agrícolas influencia positivamente la riqueza y abundancia de artrópodos depredadores y parasitoides, se espera que en hábitats con mayor estructura y diversidad de la vegetación se encontrará una mayor diversidad y abundancia en la población de depredadores y parasitoides.

(2) Si el manejo consciente o inconsciente de la biodiversidad de los bordes de las parcelas de cultivos está proveyendo algún servicio que beneficie la productividad del cultivo se esperaría encontrar una relación positiva entre ambas variables.



**Figura 5** Representación gráfica de la hipótesis planteada en este estudio.

## **4. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la asociación entre la variación en las prácticas agrícolas de manejo, y la estructura y diversidad de la vegetación en los bordes en agroecosistemas con la diversidad de la comunidad de artrópodos depredadores y parasitoides asociados a cultivo de maíz nativo, así como con la productividad de este cultivo.

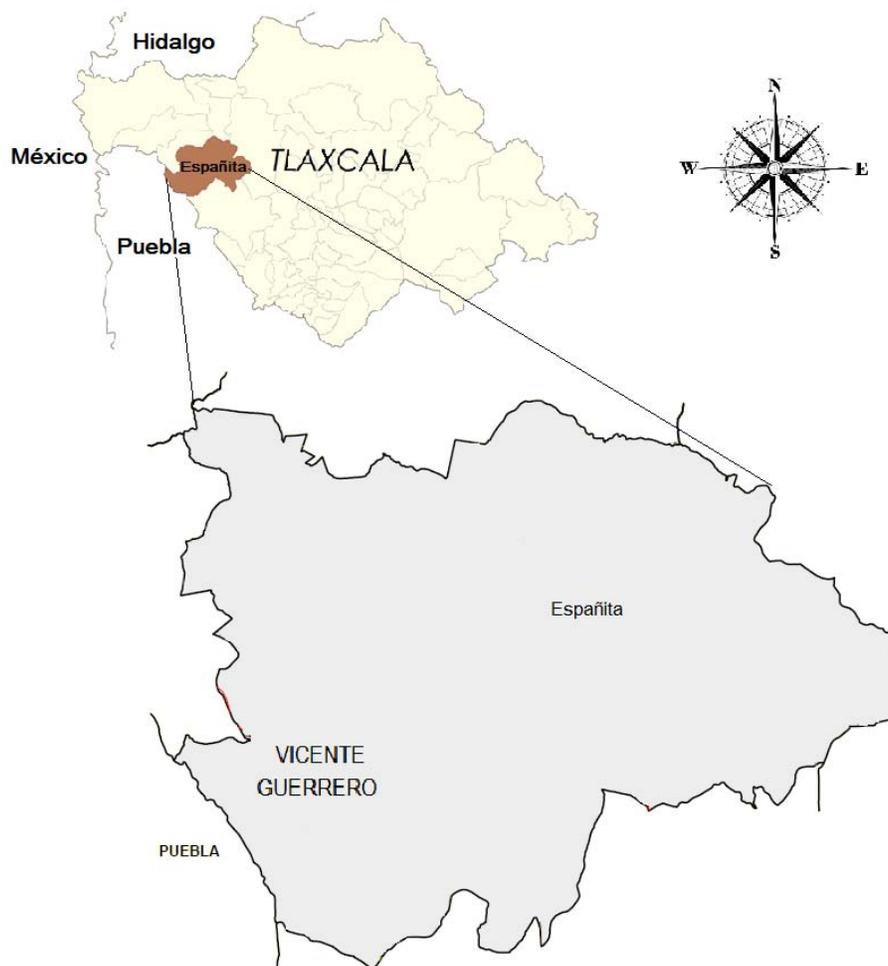
## **OBJETIVOS PARTICULARES**

- Determinar la riqueza y abundancia de la comunidad de artrópodos parasitoides y depredadores.
- Evaluar la influencia de la escala espacial sobre el comportamiento de la riqueza y abundancia de depredadores y parasitoides y el rendimiento.
- Estimar la correlación entre las variables de mantenimiento y de estructura y composición vegetal.
- Determinar si existe una asociación entre la diversidad de prácticas agrícolas y la estructura y composición vegetal de los bordes de las parcelas sobre la diversidad y abundancia de artrópodos depredadores y parasitoides.
- Relacionar el rendimiento de la producción final de maíz en campos agrícolas con la estructura y biodiversidad de especies vegetales y el mantenimiento del cultivo.

## 5. MATERIAL Y METODOS

### 5.1 Área de estudio

Este estudio se realizó durante un ciclo agrícola de temporal de mayo a noviembre en la localidad de Vicente Guerrero, perteneciente al municipio de Españaíta, Tlaxcala. Españaíta (Figura 6) se encuentra ubicada en el Altiplano central mexicano a una altitud promedio de 2640 msnm. Su posición geográfica de acuerdo al INEGI (2009) es  $19^{\circ} 27' 41''$  latitud norte y  $98^{\circ} 25' 23''$  longitud oeste. La localidad de Vicente Guerrero se considera con características de relieve de zona semiplana; el abastecimiento de agua depende de un manantial de agua pura llamado “El Ocotal”; sin embargo, la mayoría de los cultivos son de temporal. La temperatura promedio anual máxima registrada es de  $22.5^{\circ} \text{C}$  y la precipitación media mensual fluctúa entre 14.3 y 219.6 milímetros.



**Figura 6** Ubicación de la localidad de Vicente Guerrero dentro del municipio de Españaíta, Tlaxcala.  
Fuente Modificado de INEGI, 2009

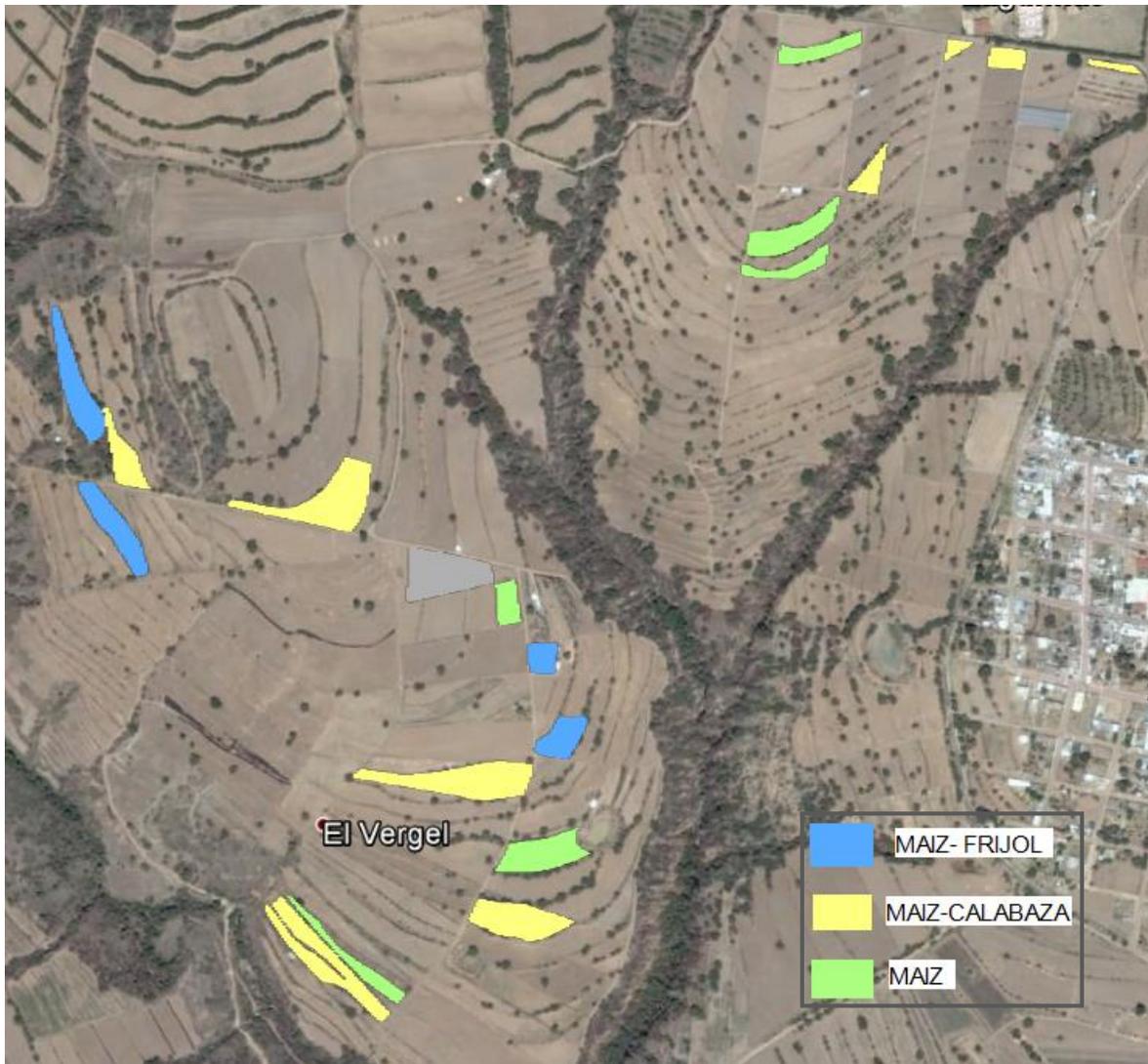
En cuanto al tipo y uso del suelo, existen en el territorio del municipio tres tipos de suelos: cambisoles, andosoles y fluvisoles. La superficie ocupada por las unidades de producción rural en el municipio de Españita es de 7 531 hectáreas, de esta cifra 6 570 hectáreas, el 87.2 % constituyen la superficie de tierras dedicadas a cultivos anuales o de ciclo corto, frutales y plantaciones. Los pastizales naturales corresponden a un total de 949 hectáreas que están dedicadas a la ganadería, 7 hectáreas tienen bosques o selva y 5 hectáreas no tienen vegetación. (INAFED, 2010).

## **5.2 Selección de las parcelas**

De las áreas de cultivo de la comunidad de Vicente Guerrero se seleccionaron 20 parcelas, ocho de monocultivos de maíz, seis de maíz con calabaza y seis de maíz con frijol. Todas las parcelas se ubican a orilla de los caminos y están dentro del rango de variación de 3.12 a 152 metros de distancia entre parcelas(Figura 7).

## **5.3 Caracterización del sistema de cultivo**

La diversidad de prácticas agrícolas en las distintas parcelas fue descrita por medio de entrevistas con cada uno de los agricultores (Anexo 1). Los datos colectados hicieron énfasis en describir cultivos previos, tiempo de trabajo, manejo del suelo, variabilidad del cultivo, aplicación de aditivos, manejo de los bordes, el manejo del gajo después de la cosecha. Las variables en las cuales todos los agricultores tuvieron la misma práctica de manejo fue excluida en los análisis posteriores.



**Figura 7** Imagen satelital de lo localidad de Vicente Guerrero. Fuente modificado de Google Earth, (2009).

#### 5.4 Caracterización de la estructura y composición de la vegetación

Estructura geográfica: Las parcelas fueron caracterizadas a través de su tamaño, el área del borde, la cercanía a la vegetación natural (barranca natural con vegetación nativa), cercanía al asentamiento humano (Comunidad de Vicente Guerrero), utilizando imágenes de Google Earth, (2009).

Composición vegetal: En cada una de las parcelas se seleccionaron dos bordes, definidos como aquella sección de la parcela que caracterizaba mejor la vegetación circundante (Figura 8) y en cada borde se estableció un transecto de 50 metros, en el cual se muestreo un metro cuadrado, cada cinco metros, de manera sistemática. Para registrar la riqueza y abundancia de las herbáceas y la riqueza y cobertura de los pastos se recolectaron y procesaron herbáceas y pastos para su posterior identificación.



**Figura 8** Ejemplo de la selección de bordes de cultivo en las parcelas de maíz y/o policultivos. Fuente Google Earth, 2009.

## **5.5 Riqueza y abundancia de depredadores y parasitoides**

La colecta de ejemplares biológicos se realizó a lo largo de los meses de julio a octubre del 2014, muestreando una vez por mes. En cada parcela la captura se hizo con red entomológica haciendo un recorrido en forma de línea recta, golpeando con firmeza en forma horizontal 60 veces sobre la vegetación de los bordes de cultivo. Cada 10 golpes el material obtenido se vació en bolsas ziploc, a las cuales se les añadió un algodón con acetato de etilo. Posteriormente se eliminaron los residuos de plantas u otros materiales. Los organismos fueron enjuagados con agua para retirar los restos de tierra y posteriormente ser colocados en frascos con etanol al 70% para su preservación y proceder a la separación por taxa.

Se realizó únicamente la determinación taxonómica del orden himenóptera y el orden aráneae utilizando un microscopio estereoscópico y claves correspondientes para cada orden. Para los himenópteros se utilizó las claves de Goulet y Huber, (1993) y las arañas fueron determinadas con la clave de Ubick, et. al., (2005), además de contar con el apoyo de la colección de arácnidos del Instituto de Biología de la UNAM. La determinación de los organismos se realizó hasta el nivel de familia, posteriormente cada familia fue separada a morfoespecies. En el caso de los himenopteros, se realizó una revisión previa en la literatura para seleccionar a los individuos cuyas familias fueran parasitoides o depredadoras. Se obtuvo la riqueza con el número total de morfoespecies y la abundancia con el número total de individuos colectados por parcela.

## **5.6 Rendimiento de maíz**

Para estimar el rendimiento de maíz en cada parcela, se utilizó el peso seco del grano de maíz por hectárea. Para esto, se recolectaron al azar 20 mazorcas de cada parcela en el mes de noviembre, temporada en la cual los agricultores tiran las plantas para esperar a que sequen. Posteriormente fueron trasladadas a invernadero donde se limpiaron y se mantuvieron aisladas individualmente en botellas de plástico con una cubierta de papel filtro que permitía el escape de la

humedad. Se mantuvieron aisladas con la finalidad de que en el caso de presentar alguna plaga, evitar que esta se propagara a las demás mazorcas. Una vez secas las mazorcas se desgranaron y pesaron empleando una balanza. También fue necesario conocer la densidad de plantas de cada parcela, que fue estimada con el número de plantas en diez metros lineales. Así, por medio del valor del peso del grano de las 20 mazorcas y con la densidad de plantas de cada parcela, se extrapolo el valor del rendimiento en toneladas por hectárea esperado para cada parcela.

### **5.7 Análisis estadísticos**

Las variables de respuesta fueron: Riqueza de arañas, abundancia de arañas, riqueza de avispas, abundancia de avispas y rendimiento del maíz. Para todas las variables se realizó un análisis de autocorrelación espacial para evaluar si la variación observada era o no independiente de la distancia lineal entre las parcelas. El análisis consiste en realizar una correlación entre la matriz de distancias euclidianas entre las parcelas con la matriz de las distancias lineales entre los valores de las variables de respuesta de cada parcela (Prueba de Mantel). La prueba de Mantel se realizó en el programa R (R Core Team, 2015) con el módulo ade4 (Chessel et al., n.d.).

Debido a que muchos de los factores podrían estar estadísticamente correlacionados, primero se estimó la correlación de Pearson entre todas las variables continuas (Anexo 4) antes de proceder a construir los modelos. Esto fue empleando el paquete Rcmdr (Bulté y Onghena, 2013), igualmente en el programa R (R Core Team, 2015). La matriz de correlación se utilizó para eliminar factores altamente correlacionados en los modelos. En la Tabla 1 se observa la descripción de las variables empleadas en los posteriores análisis.

**Tabla 1** Descripción de las variables usadas en los análisis estadísticos.

| <b>Descripción de variables</b>               | <b>Categoría</b> | <b>Tipo</b>  | <b>Clases o unidades</b>                 |
|-----------------------------------------------|------------------|--------------|------------------------------------------|
| <b>Cultivo de la temporada anterior</b>       | Mantenimiento    | Cualitativo  | Maíz/Otro                                |
| <b>Descanso de la tierra</b>                  | Mantenimiento    | Cualitativo  | Si/No                                    |
| <b>Uso de Insecticida</b>                     | Mantenimiento    | Cualitativo  | Si/No                                    |
| <b>Limpia el borde</b>                        | Mantenimiento    | Cualitativo  | Si/No                                    |
| <b>Uso de herbicida</b>                       | Mantenimiento    | Cualitativo  | Si/No                                    |
| <b>Tiempo de trabajo de la parcela</b>        | Mantenimiento    | Cuantitativo | No. de años                              |
| <b>Área del borde/<br/>Área de la parcela</b> | Geográfica       | Cuantitativo | Metros <sup>2</sup> /metros <sup>2</sup> |
| <b>Distancia al asentamiento humano</b>       | Geográfica       | Cuantitativo | Metros                                   |
| <b>Riqueza de herbáceas</b>                   | Biológica        | Cuantitativo | No. de especies                          |
| <b>Abundancia de herbáceas</b>                | Biológica        | Cuantitativo | No. de individuos                        |
| <b>Cobertura de pastos</b>                    | Biológica        | Cuantitativo | Porcentaje                               |

Para cada una de las variables de respuesta se aplicaron Modelos Lineales Generalizados (GLM) discriminando por medio del criterio de información de Akaike (AIC) utilizando el paquete “MuMIn” (Multi-Model Inference) (Barton y Barton, 2015) en el programa estadístico R (R Core Team, 2015). Este módulo parte de un modelo saturado conformado de las variables descritas en la Tabla 2. A partir de esto, genera un conjunto de modelos usando un muestreo aleatorio de los datos para seleccionar y promediar únicamente aquellos modelos con un delta-AIC menor de dos. Este estimado es una medida de distancia relativa entre cada modelo con respecto al de menor valor de AIC (Burnham y Anderson, 2002). Los valores del pseudo R<sup>2</sup>, la medida de bondad para los modelos de regresión no lineal, fueron igualmente calculados con este paquete según la modificación propuesta por

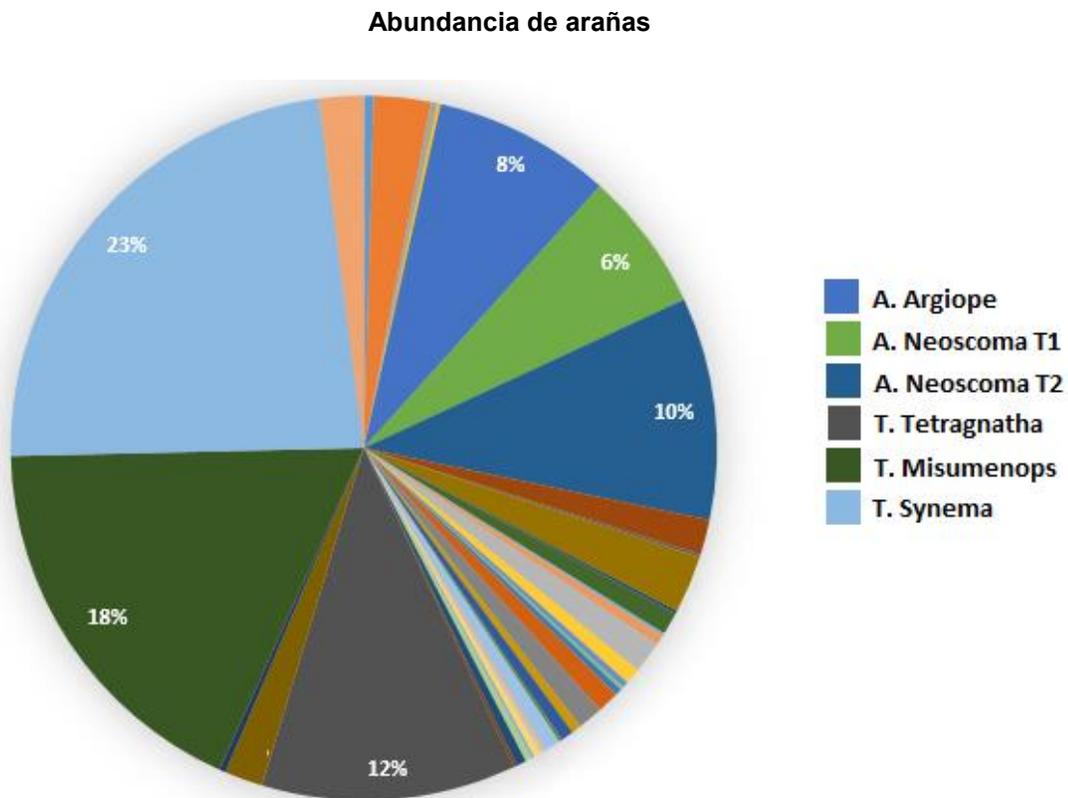
Nagelkerke (1991). Las gráficas obtenidas fueron realizadas con el paquete “visreg” (Visualization of Regression Models) (Breheny et al., 2015).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Riqueza y abundancia de depredadores y parasitoides

Arañas:

Se recolectaron un total de 38 morfoespecies de arañas con una abundancia total de 686 organismos (Figura 9; Anexo 2), siendo seis de ellas las morfoespecies más abundantes: dos pertenecientes a la familia *Thomisidae*, del genero *Synema* y *Misumenops* con 160 y 123 individuos; de la familia *Tetragnathidae*, genero *Tetragnatha* con 80 individuos y la familia *Araneidae* con los géneros *Argiope* con 56 individuos y *Neoscoma* con dos morfoespecies con 44 y 70 individuos. Con un promedio de riqueza de morfoespecies de 10.1 y abundancia de 34.3 individuos por parcela.



**Figura 9** Abundancia de las distintas morfoespecies de arañas. Porcentajes y nombres de las morfoespecies más abundantes.

## Avispas:

Se colectaron en las 20 parcelas 1223 individuos pertenecientes a 74 morfoespecies (Figura 10; Anexo 3), concentrándose la mayor abundancia en cuatro morfoespecies, tres correspondientes a la familia *Braconidae*, en la subfamilia *Aphidiinae* con 546 individuos y las otras dos morfoespecies con 125 y 41 individuos; y en la familia *Pteromalidae* con una morfoespecie con 68 individuos. Con un promedio de riqueza de morfoespecies de 17.3 y abundancia de 61.1 individuos por parcela.

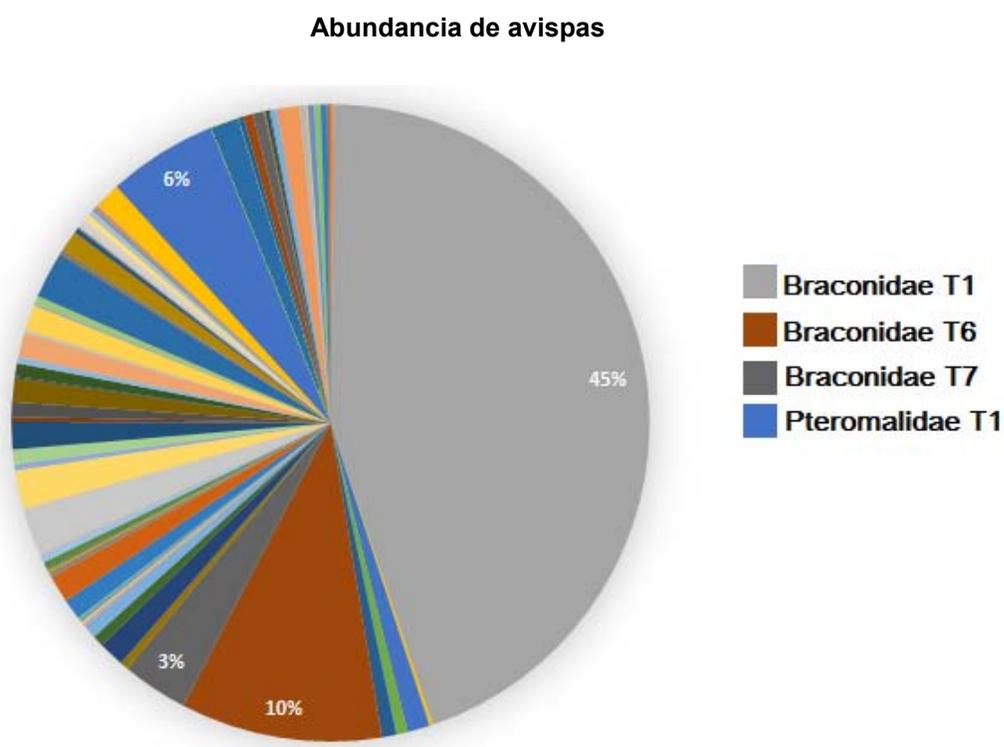
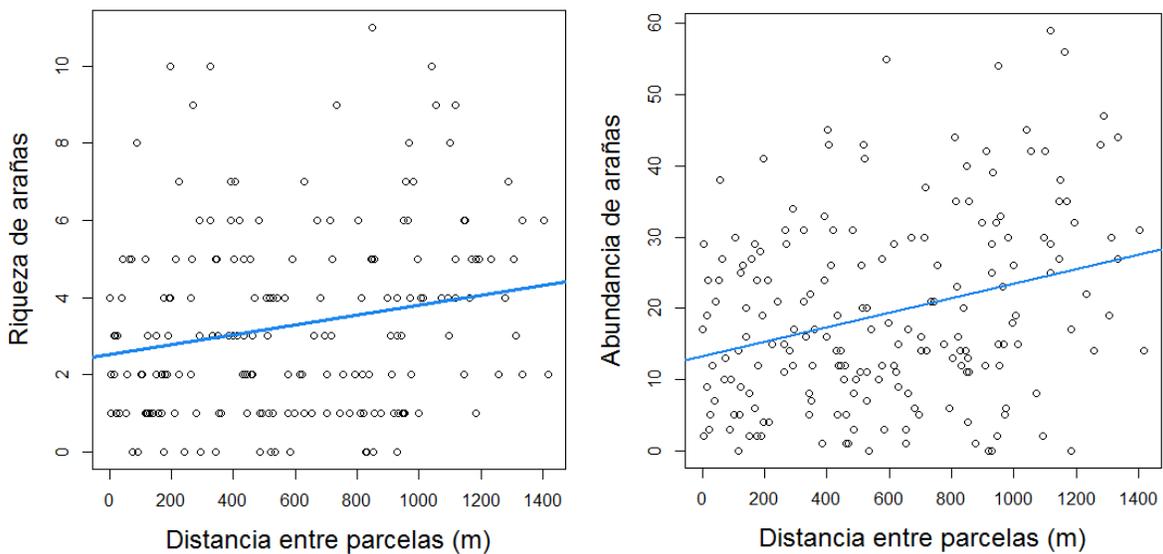


Figura 10 Abundancia de las distintas morfoespecies de avispas. Porcentajes y nombres de las morfoespecies más abundantes.

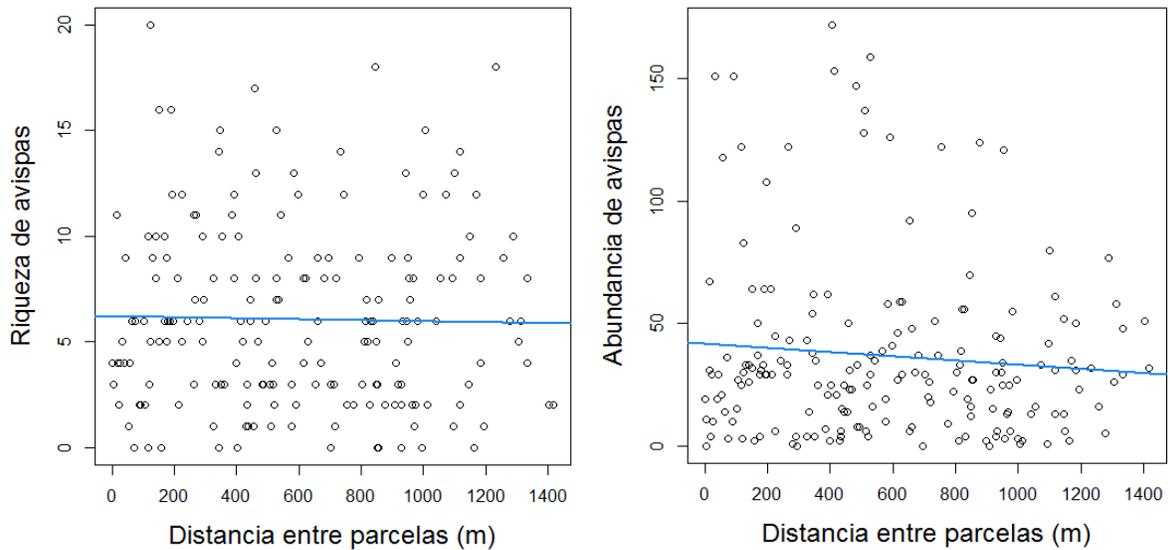
## 6.2 Autocorrelación espacial

Las correlaciones observadas para el caso de riqueza y abundancia de arañas,  $r = 0.1982$ ,  $P = 0.023$  y  $r = 0.293$ ,  $P = 0.007$  respectivamente, sugieren que las matrices están positivamente asociadas. Por lo que hay una mayor similitud en la riqueza y abundancia de arañas entre parcelas que están más cercanas unas de otras, en comparación con las que están más lejanas y por lo tanto las parcelas funcionan solo parcialmente como replicas (Figura 11).



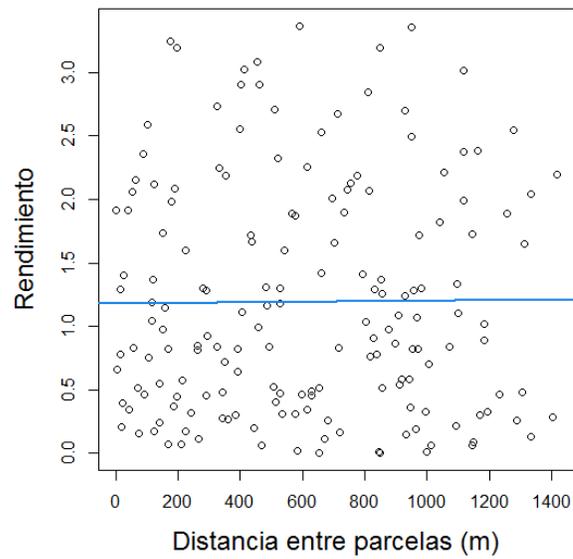
**Figura 11** Análisis de autocorrelación espacial entre la matriz de distancias euclidianas entre las parcelas con la matriz de las distancias lineales de los valores de riqueza y abundancia de arañas

Para el caso de la riqueza y abundancia de avispas se observaron correlaciones de  $r = -0.0178$ ,  $P = 0.538$  y  $r = -0.088$ ,  $P = 0.779$  respectivamente, lo cual denota que las matrices no se encuentran asociadas. Por lo que la distribución de la riqueza y abundancia de avispas se distribuye independientemente de la cercanía geográfica. Por lo tanto, esto sugiere que las parcelas se comportan como replicas independientes unas de otras (Figura 12).



**Figura 12** Análisis de autocorrelación espacial entre la matriz de distancias euclidianas entre las parcelas con la matriz de las distancias lineales de los valores de riqueza y abundancia de avispas

Para la variable de rendimiento no se apreció correlación espacial ( $r = -0.038$ ,  $P = 0.636$ ), indicando que la productividad de cada parcela parece ser independiente de la productividad de las parcelas más cercanas (Figura 13).



**Figura 13** Análisis de autocorrelación espacial entre la matriz de distancias euclidianas entre las parcelas con la matriz de las distancias lineales de los valores de rendimiento.

### 6.3 Correlación entre factores continuos

La matriz de correlación entre las variables geográficas y biológicas (Anexo 4) muestra un patrón tal que aquellas parcelas que tienen una mayor distancia al asentamiento humano son aquellas parcelas que han sido trabajadas menos tiempo (parcelas más jóvenes), tienen una mayor área de borde por área de parcela y una mayor riqueza de herbáceas. Esto sugiere un gradiente de perturbación de la matriz del paisaje conforme los campos agrícolas se acercan al asentamiento humano. Es posible también que exista un gradiente en el efecto acumulado del manejo de las parcelas debido a la edad de las mismas (Figura 14).

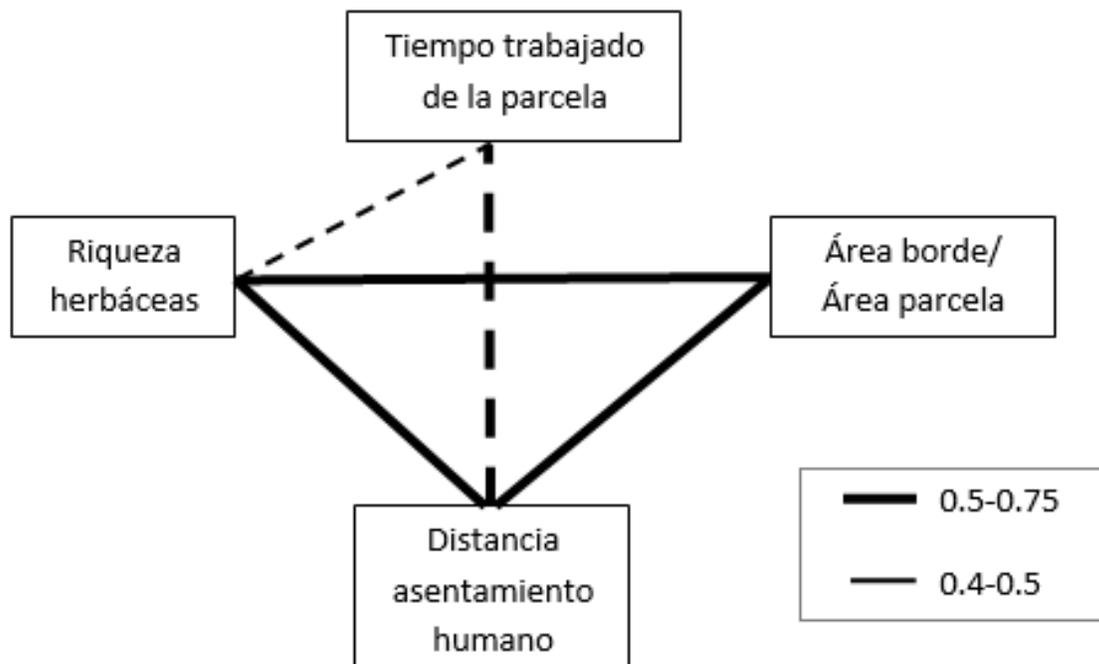
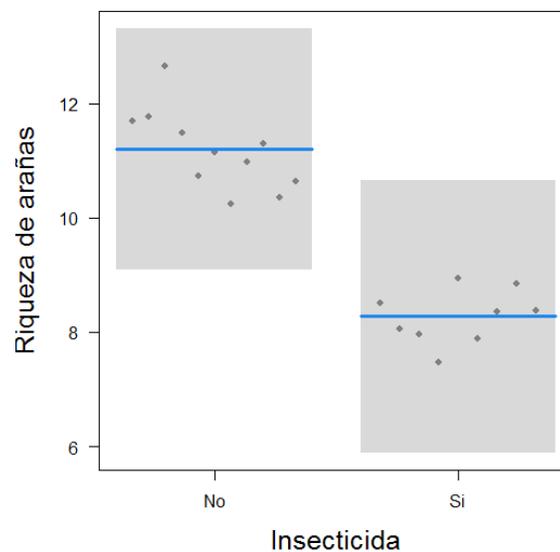


Figura 14 Estructura de las correlaciones entre las variables geográficas y biológicas. Las líneas continuas denotan correlaciones positivas, mientras que las líneas punteadas representan correlaciones negativas; el grosor de las líneas es proporcional a la intensidad de la correlación.

## 6. 4 Efectos de las prácticas agrícolas y la estructura y composición vegetal sobre la riqueza y abundancia de arañas y parasitoides

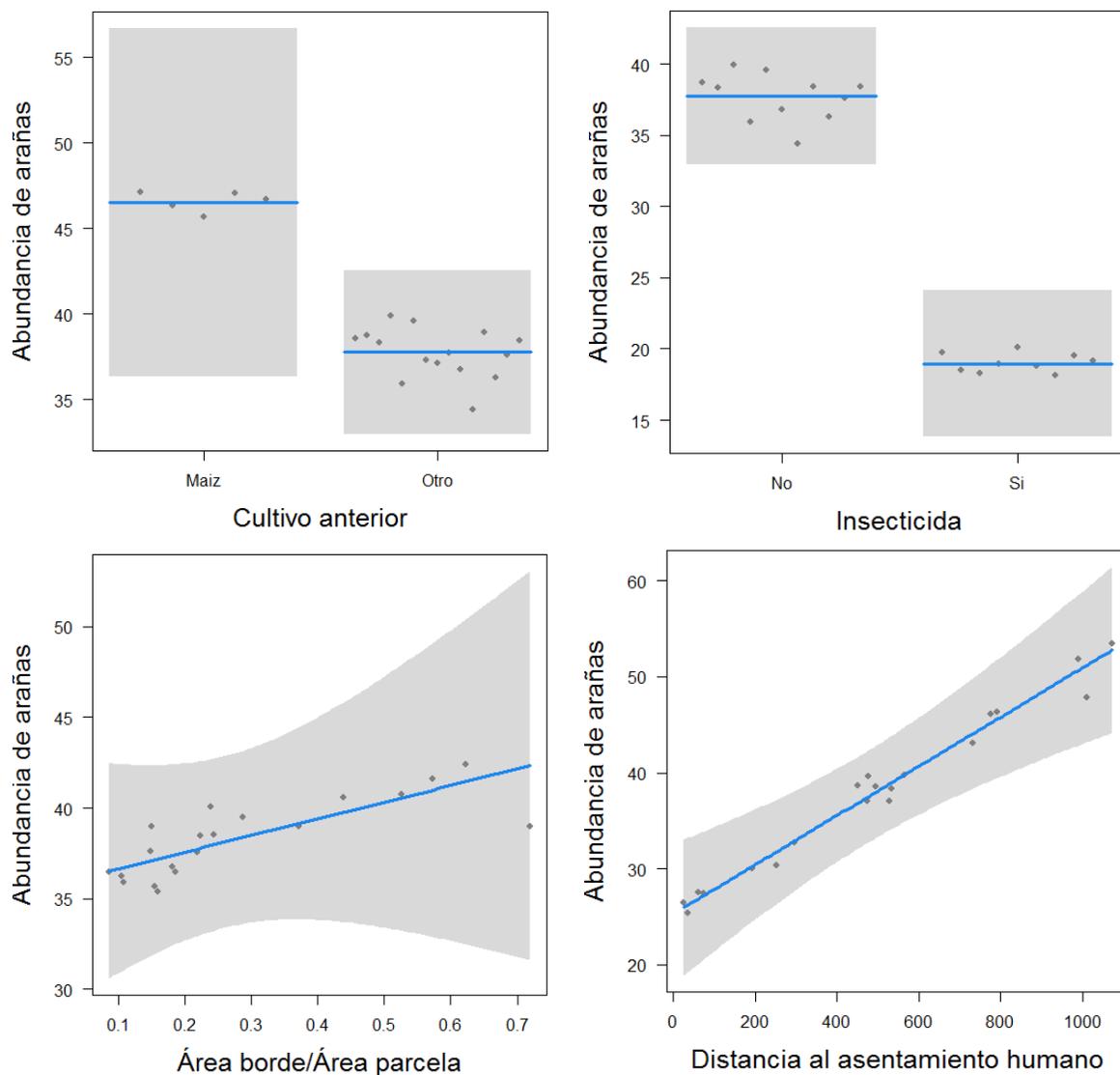
### Arañas

Los modelos lineales generalizados para riqueza y abundancia de arañas revelaron que para la riqueza de arañas los factores insecticida, tiempo que ha sido trabajada la parcela, cultivo anterior y la distancia al asentamiento humano, fueron los más importantes ( $R^2= 34\%$ ). Sin embargo, sólo se detectó un efecto significativo negativo de la aplicación de insecticida ( $F= 10.848$ , G. L.= 15,  $P< 0.004$ ; Figura 15; Anexo 5).



**Figura 15** Relación significativa (líneas azules)  $\pm 95\%$  intervalos de confianza (áreas grises) entre el uso de insecticida y la riqueza de arañas.

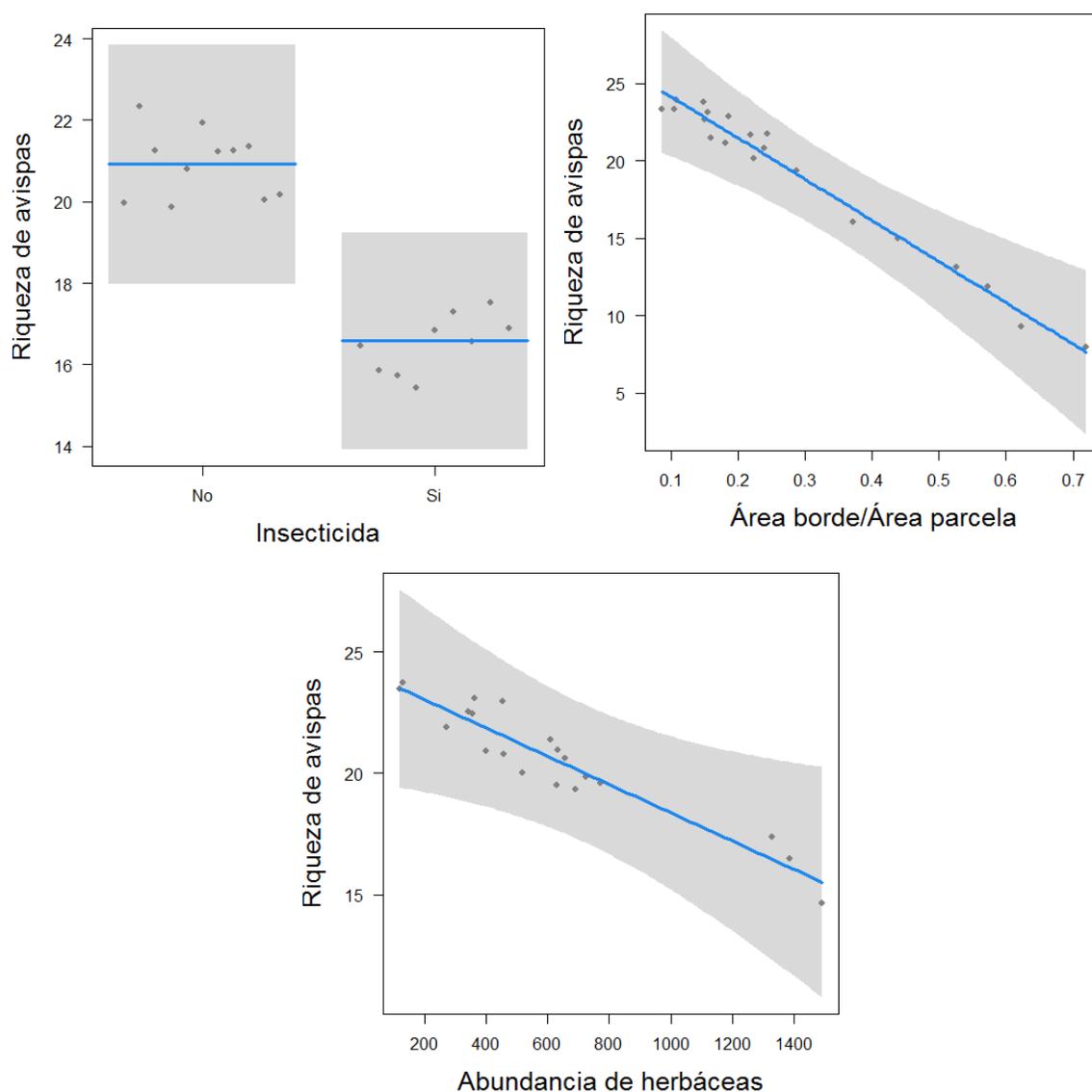
Para la abundancia de arañas el modelo promedio ajustado incluyó los factores: cultivo anterior, insecticida, limpieza del borde, cociente entre el área del borde/ área de la parcela, cobertura de pastos y la distancia al asentamiento humano ( $R^2 = 99\%$ ). Tanto el nulo uso de insecticida como la prevalencia de maíz como cultivo previo favorecen la abundancia de arañas ( $F=16.806$ , G. L.= 13,  $P < 0.001$  y  $F=4.921$ , G. L.= 13,  $P < 0.044$ , respectivamente). Así mismo las variables área del borde/ área de la parcela y la distancia al asentamiento humano tienen una relación directa positiva sobre la abundancia de arañas ( $F= 6.799$ , G. L.= 13,  $P < 0.021$  y  $F=7.44$ , G. L.= 13,  $P < 0.017$ ; Figura 16; Anexo 5).



**Figura 16** Relación significativa (líneas azules)  $\pm 95\%$  intervalos de confianza (áreas grises) entre las variables de mantenimiento y geográficas significativas a la abundancia de arañas.

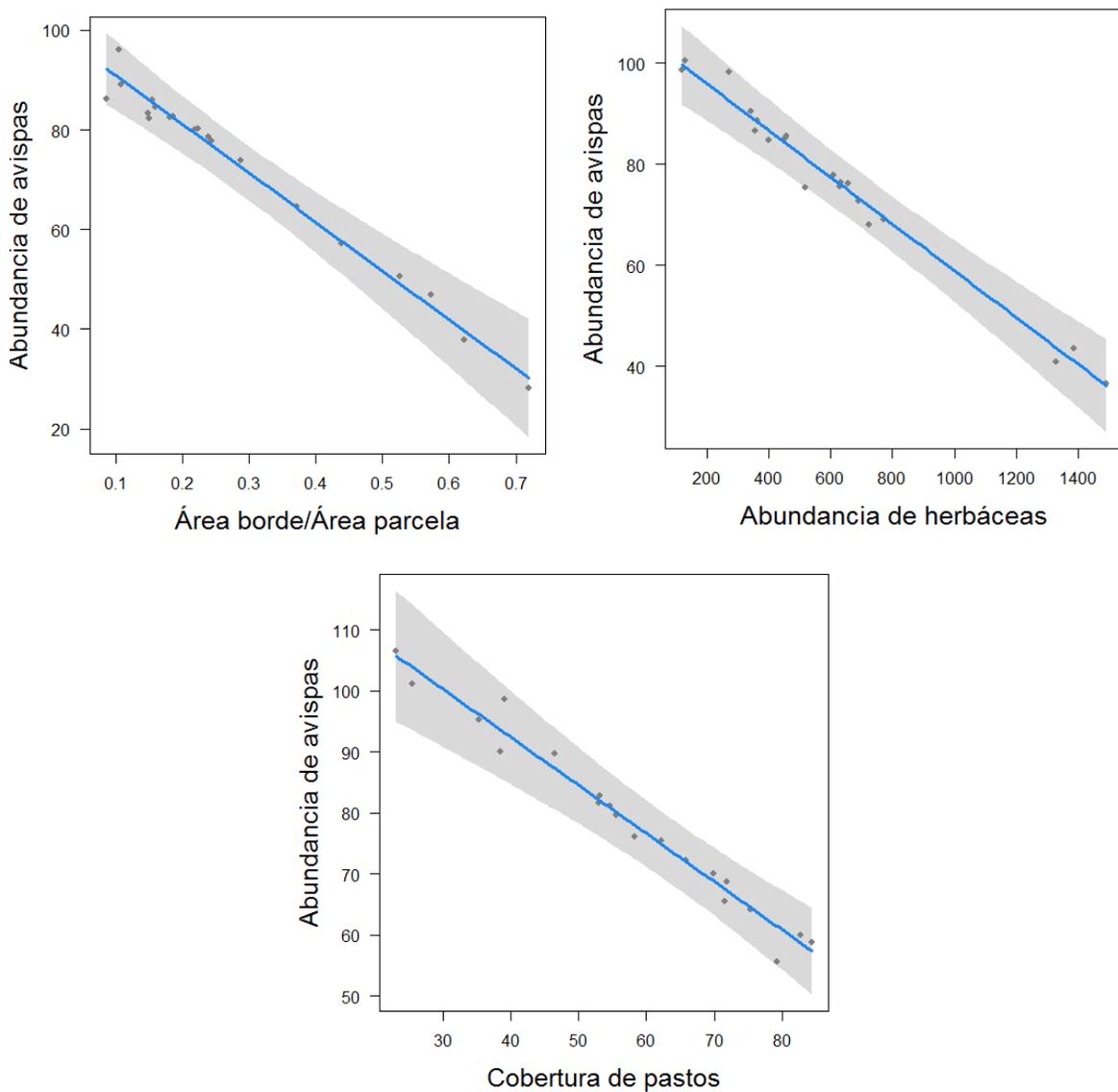
## Avispas:

En el comportamiento de la de avispas se observó que los factores importantes para la riqueza fueron el uso de insecticida, el área del borde/área de la parcela y la abundancia de herbáceas ( $R^2= 63\%$ ). El uso de insecticida desfavorecen ligeramente la riqueza de avispas ( $F= 4.311$ , G. L.= 15,  $P<0.055$ ). Al aumentar el área del borde/área de la parcela y la abundancia de herbáceas se detectó una disminución en la riqueza de avispas ( $F= 11.81$ , G. L.= 15,  $P < 0.0036$  y  $F=6.24$ , G. L.= 15,  $P<0.024$ , respectivamente; Figura 17; Anexo 5).



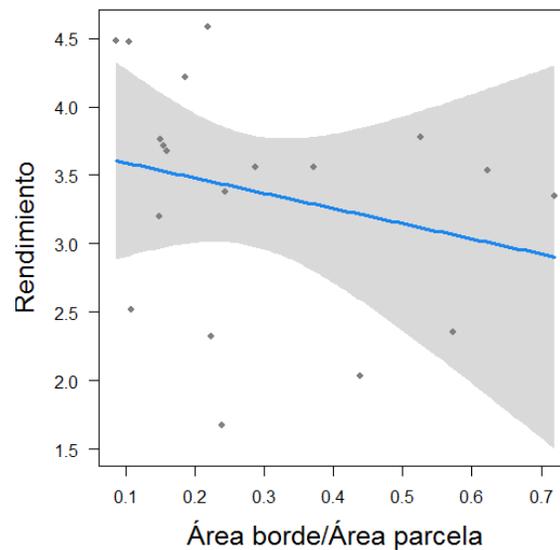
**Figura 17** Relación significativa (líneas azules)  $\pm 95\%$  intervalos de confianza (áreas grises) entre las variables de mantenimiento, de vegetación y geográficas relacionadas a la riqueza de avispas.

Para la abundancia de avispas el mejor modelo incluyó los efectos de uso de herbicida, descanso de la tierra, área del borde/ área de la parcela, riqueza y abundancia de herbáceas, cobertura de pastos y distancia al asentamiento humano ( $R^2 = 99\%$ ). El área del borde/ área de la parcela, abundancia de herbáceas y cobertura de pastos tuvieron un efecto negativo en relación con la abundancia de avispas ( $F= 6.023$ , G. L.= 12,  $P < 0.0304$ ;  $F= 5.763$ , G. L.= 12,  $P < 0.033$  y  $F=9.008$ , G. L.= 12,  $P < 0.011$ , respectivamente; Figura 18; Anexo 5).



**Figura 18** Relación significativa (líneas azules)  $\pm 95\%$  intervalos de confianza (áreas grises) entre las variables de vegetación y geográficas significativas para la abundancia de avispas.

En cuanto al rendimiento de las parcelas de maíz, el mejor modelo incluyó los factores del cociente de área de borde/área de parcela, riqueza de herbáceas y cobertura de pastos ( $R^2= 40\%$ ). Se detectó un efecto únicamente del cociente de área de borde/área de parcela negativo en relación al rendimiento ( $F= 7.283$ , G. L.= 15,  $P< 0.016$ ; Figura 19; Anexo 5).



**Figura 19** Relación significativa (líneas azules)  $\pm 95\%$  intervalos de confianza (áreas grises) entre la variable de área de borde/área de la parcela con el rendimiento final de las parcelas.

## 7. DISCUSIÓN

En este trabajo se estudió la asociación entre la variación en las prácticas agrícolas de manejo y la estructura y diversidad de la vegetación en los bordes de agroecosistemas con la diversidad de la comunidad de artrópodos depredadores y parasitoides asociados a cultivo de maíz nativo. Por lo cual, fue necesario conocer la riqueza y abundancia de arañas y avispas y su distribución a lo largo de la escala espacial. Posteriormente, dado la alta colinealidad entre las variables se estimó la correlación de las variables de mantenimiento y de estructura y composición vegetal. Además, al determinar la asociación entre la diversidad de prácticas agrícolas y la estructura y composición vegetal de los bordes de las parcelas se observó que las variables de mantenimiento que influyeron sobre la riqueza y/o abundancia de los organismos fueron únicamente el cultivo anterior y la aplicación de insecticidas. Por otra parte, de las variables geográficas, el cociente del área de borde/área de parcelas tuvo una importante relación con casi todas las variables de los organismos y la distancia al asentamiento humano tuvo relación únicamente a la abundancia de arañas. En cuanto a las variables de la composición de la vegetación, abundancia de herbáceas y cobertura de pastos se detectaron efectos únicamente sobre la riqueza y abundancia de avispas. Finalmente al relacionar el rendimiento de la producción de maíz con la estructura y composición de especies vegetales y el mantenimiento del cultivo únicamente se apreció un efecto del cociente del área de borde/área de la parcela. Sin embargo ninguna variable de mantenimiento tuvo efecto sobre el rendimiento, aunque si afectó la riqueza y abundancia de los artrópodos.

Los agroecosistemas se expresan como un mosaico a nivel del paisaje en el cual varía la edad, diversidad, estructura y mantenimiento de las parcelas de cultivo (Altieri 1999). Es por esto que diferentes grupos tróficos de artrópodos perciben y responden de distinta manera a cada elemento del campo (Bianchi et al., 2006; Fabian et al., 2013; Holzschuh et al., 2010). De esta manera algunos grupos se pueden encontrar más favorecidos que otros en respuesta a los elementos del campo. En la distribución de la riqueza y abundancia de las arañas colectadas, la

mayoría de las familias determinadas fueron arañas tejedoras, las cuales habitan sobre la vegetación y lo cual se debe al método de muestreo basado en el uso de red de golpeo sobre la vegetación. En el caso de las avispas, las familias más abundantes fueron Braconidae y Pteromalidae. Éstas son comunes en campos de cultivo y, dado su tamaño, la mayoría podrían ser parasitoides de larvas pequeñas. Cabe resaltar que la subfamilia dominante Aphininae es predominantemente parasitoide de áfidos, los cuales eran abundantes en algunos cultivos contiguos a las parcelas de maíz. Además en este estudio se observó que Aphininae también usaba como hospederos a larvas de coleópteros. Las larvas de coleóptero representan un recurso altamente abundante para las avispas pues son herbívoros de *Simsia sp.*, una planta muy abundante en los bordes de la mayoría de las parcelas y en algunos casos dentro de los cultivos. También, la abundancia en arañas y avispas fue contrastante, el caso de las avispas el 44% de la abundancia total se encontraba distribuida en una sola morfoespecie. Por el contrario, la morfoespecie de mayor abundancia en el caso de las arañas acumuló el 17.9% del total de individuos. Esto se puede deber a que los elementos del campo son altamente contrastantes para el caso de las avispas y por ello esta morfoespecie altamente abundante se encuentra favorecida por las condiciones del campo. No obstante, las condiciones son más homogéneas para las arañas.

Es posible que la población de artrópodos en el mosaico del cultivo tenga una distribución fragmentada entre los parches de hábitats (de la metapoblación real a las poblaciones estructuradas espacialmente). La dinámica de las poblaciones locales puede ser conducida por la dinámica recursos fuente–sumidero y por los efectos de concentración-disolución (Vasseur et al., 2013). Es por esto que la persistencia de las poblaciones de artrópodos en los campos agrícolas sea posiblemente conducida por la agregación espacial de perturbaciones directas y por la dinámica de parches de hábitats, por ejemplo la autocorrelación espacial. Se ha mostrado que la autocorrelación espacial resulta de dos efectos antagónicos. La agregación de efectos de perturbación y la destrucción de hábitats pueden tender a incrementar la sincronización de las poblaciones locales (Vasseur et al., 2013). Debido a esto, en este tipo de estudios es importante conocer la escala espacial a

la cual son expresados los efectos de las variables. Sólo cuando las unidades funcionan como réplicas independientes es válido explorar asociaciones entre sus propiedades y aquéllas de la matriz del paisaje donde están inmersas.

La escala a la cual opera la estructura del campo depende de cada grupo de artrópodos según su movilidad y tamaño (Chaplin – Kramer, et al., 2011). Las variables de respuesta biológica de este estudio corresponden a dos grupos de organismos. Por un lado las arañas, cuyos resultados confirmaron que la riqueza y abundancia de la arañas expresó una débil autocorrelación espacial. Por ello la distribución entre parcelas cercanas tiende a parecerse, en comparación con las que se encuentran mas alejadas. En el caso de las avispas no se encontró correspondencia espacial para la riqueza y abundancias y tampoco para el rendimiento. Se puede considerar que estas parcelas son replicas independientes unas de otras. Es posible que el patrón observado se deba a la alta capacidad de vuelo de las avispas y su rápida reacción ante las perturbaciones, convirtiéndolos en organismos menos sensibles a la disminución de la estructura y composición vegetal y al aumento de las perturbaciones. Por el contrario las arañas son organismos más grandes, movibles pero más sensibles a las perturbaciones del hábitat por lo cual el gradiente de perturbación se puede estar reflejando de forma importante en su distribución. Entonces, recuperar la riqueza y diversidad de arañas será más difícil si las parcelas cercanas siguen prácticas de manejo que las perjudican. En este caso se requiere de prácticas colectivas de manejo para garantizar los supuestos servicios que tendría incrementar la diversidad y riqueza de arañas.

Al determinar la asociación entre la diversidad de prácticas agrícolas y la estructura y composición vegetal de los bordes de las parcelas se observó distinto nivel de influencia de las variables de mantenimiento, la estructura geográfica y composición vegetal que influyeron sobre la riqueza y/o abundancia de los organismos y sobre el rendimiento. La distribución e intensidad de los efectos se puede observar en la Tabla 2.

**Tabla 2** Valores de F y significancia (“\*\*\*” < 0.001, “\*\*” < 0.01, “\*” < 0.05, “.” < 0.1) de los modelos promedios obtenidos de los modelos lineales generalizados.

|                                  | Riqueza de arañas | Abundancia de arañas | Riqueza de avispas | Abundancia de avispas | Rendimiento (Gaussian) |
|----------------------------------|-------------------|----------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|
| Cultivo anterior                 | -                 | 4.921*               | -                  | -                     | -                      |
| Descansa la tierra               | -                 | -                    | -                  | 0.917                 | -                      |
| Insecticida                      | 10.848**          | 16.806**             | 4.311.             | -                     | -                      |
| Limpieza del borde               | -                 | 0.742                | -                  | -                     | -                      |
| Uso de herbicidas                | -                 | -                    | -                  | 0.037                 | -                      |
| Tiempo trabajado de la parcela   | 2.083             | -                    | -                  | -                     | -                      |
| Área borde/Área parcela          | -                 | 6.799*               | 11.814**           | 6.023*                | 7.283*                 |
| Distancia al asentamiento humano | 1.827             | 7.446*               | -                  | 0.733                 | -                      |
| Riqueza de herbáceas             | -                 | -                    | 2.737              | 0.572                 | 2.372                  |
| Abundancia de herbáceas          | -                 | -                    | 6.243*             | 5.763*                | -                      |
| Cobertura de pastos              | 1.387             | 0.548                | -                  | 9.008*                | 0.464                  |

## 7. 1 Prácticas agrícolas de manejo

Las prácticas agrícolas son todas las técnicas y las implementaciones por los agricultores en el campo y sus márgenes (Vasseur et al., 2013). Sin embargo, esto trae repercusiones sobre la matriz de los parches de hábitats para los artrópodos. En este estudio se observó que únicamente la siembra de un cultivo diferente al maíz en el ciclo anterior y la aplicación de insecticidas tuvieron algún efecto sobre la riqueza y abundancia de los artrópodos, siendo la aplicación del insecticida el que impacto sobre más variables. La práctica de sembrar cultivos distintos al maíz en los ciclos pasados afecto negativamente a la abundancia de las arañas. Esto se puede deber a que esta matriz, la cual emerge de la organización de los sistemas de cultivo por los agricultores, no es solo heterogénea en espacio, sino también fuertemente dinámica (por ejemplo heterogéneo temporalmente) debido a la fenología del cultivo, el mantenimiento y secuencia y cada año. Por lo tanto en la rotación de cultivos, los individuos que emergen del campo tienen que redistribuirse en el campo para recolonizar los hábitats de cultivos adecuados (Vasseur et al., 2013). Con esto se produce un cambio en el tipo de organismos, presas y depredadores que pueden colonizar estos ambientes. Y se observa una disminución

dado que no todos los organismos pueden acoplarse a estas perturbaciones (Jonsson et al., 2012).

También se observó un efecto del insecticida sobre la riqueza y abundancia de arañas y la riqueza de avispas, apreciándose que esa variable tiene un mayor impacto sobre las arañas que sobre las avispas y esto puede deberse a que las arañas son más sensibles a este factor y las avispas tienen la capacidad de escapar más fácilmente a este.

## **7.2 Estructura y composición vegetal**

Las variables de estructura y composición vegetal de las parcelas mostraron que las variables que tuvieron efecto sobre la abundancia de arañas y avispas y riqueza de avispas fueron el cociente de área de la parcela/área del borde, distancia al asentamiento humano, abundancia de herbáceas y la cobertura de pastos. Ninguna variable influyó sobre la riqueza de arañas. El cociente de área del borde/área de la parcela fue la variable más importante pues tuvo efectos sobre la abundancia de arañas y avispas y sobre la abundancia de avispas. La distancia al asentamiento humano afectó únicamente a la abundancia de arañas. La abundancia de herbáceas y la cobertura de pastos fueron importantes únicamente para avispas. La abundancia de herbáceas para la riqueza y la abundancia y la cobertura de pastos sólo para la abundancia. Sin embargo todas las variables para arañas tuvieron un efecto positivo y para el caso de las avispas se observó lo contrario, donde los efectos fueron negativos.

El que las variables de estructura y composición vegetal tienen una alta colinealidad al gradiente de perturbación, se puede asumir que estas parcelas con mayor abundancia de arañas se encontraran en aquella sección con menos perturbación y por el contrario las avispas en las zonas más perturbadas. En estudios previos se ha observado que la abundancia de arañas decrece con el ancho del campo y la distancia al sotobosque (Mitchell et al., 2014) y a la

complejidad del hábitat (Chaplin-Kramer et al., 2011). Esto se relaciona con lo descrito por Hole et al., 2005 en un metanálisis donde se observó que aquellos campos con mayor riqueza de sotobosque proveían una mayor complejidad estructural y un mejor microclima adecuado con más especies presas que a su vez tenían un mayor suplemento de plantas de alimento; lo que fue citado como el principal factor para una alta abundancia de arañas, debido a que parcelas más pequeñas con bordes amplios o botánicamente más diversos pueden ser importantes para permitir que las arañas que habitan en el follaje recolonizen rápidamente después de la cosecha de cada año.

La diferencia entre arañas y avispas se puede explicar debido a que la movilidad de los artrópodos voladores es también influenciada por la altura de la cubierta de los elementos adyacentes, tales como bordes o cultivos, los cuales pueden actuar como barreras para el movimiento de los insectos. Desplazamientos frecuentes en condiciones ambientales en la matriz agrícola pueden conducir a fluctuaciones en la localización del parche adecuado y accesibilidad y así la conectividad del campo (Vasseur et al., 2013). Aunado a esto, se ha observado que la disponibilidad de alimento es un factor importante para la permanencia de parasitoides (Puech et al., 2014). Por lo anterior, se esperaría que en aquellas parcelas con mayor nivel de perturbaciones se encontraran más presas y sea más fácil su localización. Se esperaría encontrar en su mayoría afidos pues un alto porcentaje de las avispas son parasitoides de estos. Por esto, si uno quisiera incrementar los servicios de las avispas habría que limpiar los bordes de pastos y herbáceas.

### **7.3 Rendimiento de maíz**

Los resultados muestran que la diversidad de artrópodos no está necesariamente correlacionada con la producción del cultivo. La producción del grano, la medida más importante para los agricultores, mostro nula relación con ninguna de las variables de mantenimiento y de la vegetación. Esto es relevante porque indica a

los campesinos que los insumos tecnológicos que usaron no influyeron sobre el rendimiento a corto plazo y solo incrementaron los costos de producción por parcela, además de impactar sobre la riqueza y abundancia de los artrópodos. Sin embargo, haría falta conocer su impacto sobre los artrópodos herbívoros y las repercusiones a largo plazo. Únicamente se observó una disminución del rendimiento al incremento del área de borde/área parcela. Mitchell et al., (2014) mencionan que la producción del cultivo depende más de la estructura del campo, por lo cual, al contemplar la colinealidad que tiene la variable de área de borde/área parcela con respecto al gradiente de perturbación se puede generalizar que son aquellas parcelas que se encuentran más cercanas a la comunidad y tienen más años de estar siendo abonadas y tienen mejores suelos incrementando al doble la productividad. También podría deberse a que aquellas parcelas lejanas a la perturbación son cercanas a la vegetación natural, la cual en este estudio, nos referimos a la barranca o depresión geográfica profunda que rodea gran parte del sitio de cultivo que al cumplir la función del drenaje fluvial, drena los nutrientes del suelo de cultivo complicando la absorción de nutrientes por las plantas de maíz con respecto a aquellas que se encuentran alejadas de la barranca. Sin embargo, cabe señalar que la medición de rendimiento es una aproximación en un escenario donde todos los agricultores hubieran sembrado únicamente maíz y dejado la misma distancia entre cada surco de plantas de maíz.

## 8. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio se puede concluir lo siguiente:

- Las arañas son más sensibles a las características y cambios en el ambiente, mientras que las avispas parecen no ser afectadas tan fuertemente por las perturbaciones del ambiente. Las variables que favorecían la permanencia de arañas fueron contrarias a las que favorecían a las avispas. Así, si se quisiera incrementar el servicio de las avispas habría que limpiar los bordes de pastos y herbáceas, dejando los arbustos y árboles, y si se quisiera incrementar de las arañas habría que evitar el uso de insecticidas y dejar los pastos y herbáceas.
- Hubo prácticas y factores a los que ambos presentaron nula respuesta como el efecto de descansar la tierra, limpiar el borde, uso de herbicidas, tiempo de trabajo de la parcela y riqueza de herbáceas. Sin embargo, haría falta conocer si esto tiene una repercusión a largo plazo.
- La diversidad de artrópodos, las prácticas de mantenimiento y la composición vegetal no están necesariamente relacionadas con la producción del cultivo. Por lo que se esperaría que el rendimiento pueda estar más relacionado con las características del suelo.
- Ninguna de las prácticas de aplicación de insumos repercutió sobre el rendimiento, por lo que disminuir o evitar algunas de éstas podrían reducir los costos de producción para los campesinos, disminuir el esfuerzo de producción o favorecer la diversidad de los artrópodos.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- Alhmedi, A., Haubruge, E., D'Hoedt, S., Francis, F., 2011. Quantitative food webs of herbivore and related beneficial community in non-crop and crop habitats. *Biol. Control* 58, 103–112. doi:10.1016/j.biocontrol.2011.04.005
- Altieri, M.A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74, 19–31.
- Altieri, M., Nicholls, C.I., 2000. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Ser. Textos Básicos Para Form. Ambient. PNUMA Red Form. Ambient. Para América Lat. El Caribe México 235.
- Barton, K., Barton, M.K., 2015. Package “MuMIn.” Version 1, 18.
- Bengtsson, J., Ahnström, J., Weibull, A.-C., 2005. The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis: Organic agriculture, biodiversity and abundance. *J. Appl. Ecol.* 42, 261–269. doi:10.1111/j.1365-2664.2005.01005.x
- Benítez K. M., Fornoni, A. J. E., 2013. La milpa como modelo en agroecología: nuevas perspectivas hacia la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible. *Oikos* 9, 5-9
- Bianchi, F.J.J., Booij, C.J., Tscharrntke, T., 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.* 273, 1715–1727. doi:10.1098/rspb.2006.3530
- Bianchi, F., Schellhorn, N.A., Buckley, Y.M., Possingham, H.P., 2010. Spatial variability in ecosystem services: simple rules for predator-mediated pest suppression. *Ecol. Appl.* 20, 2322–2333.
- Bird, E.A.R., Bultena, G.L., Gardner, J.C., 1999. *Planting the Future: Developing an Agriculture that Sustains Land and Community.* Wiley.
- Boege, E., 2010. El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México. INAH, México.
- Boyer, A.G., Swearingen, R.E., Blaha, M.A., Fortson, C.T., Gremillion, S.K., Osborn, K.A., Moran, M.D., 2003. Seasonal variation in top-down and bottom-up processes in a grassland arthropod community. *Oecologia* 136, 309–316. doi:10.1007/s00442-003-1272-x
- Breheny, P., Burchett, W., Breheny, M.P., 2015. Package “visreg.”
- Bulté, I., Onghena, P., 2013. The Single-Case Data Analysis Package: Analysing Single-Case Experiments with R Software. *J. Mod. Appl. Stat. Methods* 12, 28.
- Burnham, K. P. & Anderson, D. R., 2002. *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach* Springer.
- Chaplin-Kramer, R., O'Rourke, M.E., Blitzer, E.J., Kremen, C., 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity: Pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecol. Lett.* 14, 922–932. doi:10.1111/j.1461-0248.2011.01642.x
- Chessel, D., Dufour, A.B., Dray, S., n.d. *ade4: Analysis of Ecological Data: Exploratory and Euclidean methods in Multivariate data analysis and graphical display*, 2007. URL [HttpCRAN R-Proj. Orgpackage Ade4 R Package Version 1–4.](http://CRAN.R-Project.org/package=Ade4)
- Crowder, D.W., Northfield, T.D., Strand, M.R., Snyder, W.E., 2010. Organic agriculture promotes evenness and natural pest control. *Nature* 466, 109–112. doi:10.1038/nature09183
- Dixon, J., Gibbon, D.P., Gulliver, A., Hall, M., 2001. *Farming systems and poverty: improving farmers' livelihoods in a changing world.* FAO ; World Bank, Rome : Washington, D.C.
- Fabian, Y., Sandau, N., Bruggisser, O.T., Aebi, A., Kehrl, P., Rohr, R.P., Naisbit, R.E., Bersier, L.-F., 2013. The importance of landscape and spatial structure for hymenopteran-based food webs in an agro-ecosystem. *J. Anim. Ecol.* 82, 1203–1214. doi:10.1111/1365-2656.12103

- FAO, 2011. El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y la agricultura. La gestión de los sistemas en situación de riesgo. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Roma, y Mundi-Prensa, Madrid. Disponible en: <http://www.fao.org/3/b-i1688s.pdf>
- FAO, 2012. Ley Marco Derecho a la alimentación seguridad y soberanía aliemntaria. Aprobada en el XVIII Asamblea Ordinaria del Parlamento Latinoamericano en Panamá. Organización de las Naciones Unidad para la Alimentación y la Agricultura. Roma, y Mundi-Prensa, Madrid. Disponible en: <http://www.oda-alc.org/documentos/1362080045.pdf>
- Glaeser, B. 2011. The green Revolution Revisited: Critique and Alternatives. Routled Lybrary Editions Development, USA.
- GOOGLE EARTH (2009), KML Gallery: Explore the Earth on Google [En línea][Consultado el 24 septiembre 2015]. URL: <http://earth.google.com>
- Hole, D.G., Perkins, A.J., Wilson, J.D., Alexander, I.H., Grice, P.V., Evans, A.D., 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biol. Conserv.* 122, 113–130. doi:10.1016/j.biocon.2004.07.018
- Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Tschamtk, T., 2010. How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids? *J. Anim. Ecol.* 79, 491–500. doi:10.1111/j.1365-2656.2009.01642.x
- Hopcraft, J.G.C., Olf, H., Sinclair, A.R.E., 2010. Herbivores, resources and risks: alternating regulation along primary environmental gradients in savannas. *Trends Ecol. Evol.* 25, 119–128. doi:10.1016/j.tree.2009.08.001
- INEGI, 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. España, Tlaxcala Clave geoestadística 29012. En línea: <http://www.redalyc.org/pdf/461/46127074010.pdf>. Fecha de consulta: 7 septiembre de 2015
- Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal (INAFED), 2010, Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. España. En: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM29tlaxcala/index.html>
- Jonsson, M., Buckley, H.L., Case, B.S., Wratten, S.D., Hale, R.J., Didham, R.K., 2012. Agricultural intensification drives landscape-context effects on host–parasitoid interactions in agroecosystems. *J. Appl. Ecol.* 49, 706–714. doi:10.1111/j.1365-2664.2012.02130.x
- López-Revilla, R. y Martínez, D. C., 2013. Riesgos potenciales no previstos de los alimentos transgénicos. En Alvarez-Buylla, E.R., y Piñeyro A. (coordinadoras). El maíz en peligro ante los transgénicos: un análisis integral sobre el caso de México. México: UNAM, Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades: Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad, 2013. 568p.
- Macfadyen, S., Gibson, R., Polaszek, A., Morris, R.J., Craze, P.G., Planqué, R., Symondson, W.O.C., Memmott, J., 2009. Do differences in food web structure between organic and conventional farms affect the ecosystem service of pest control? *Ecol. Lett.* 12, 229–238. doi:10.1111/j.1461-0248.2008.01279.x
- Marino, P.C., Landis, D.A., 1996. Effect of Landscape Structure on Parasitoid Diversity and Parasitism in Agroecosystems. *Ecol. Appl.* 6, 276–284. doi:10.2307/2269571
- Mitchell, M.G.E., Bennett, E.M., Gonzalez, A., 2014. Agricultural landscape structure affects arthropod diversity and arthropod-derived ecosystem services. *Agric. Ecosyst. Environ.* 192, 144–151. doi:10.1016/j.agee.2014.04.015
- Nagelkerke, N.J., 1991. A note on a general definition of the coefficient of determination. *Biometrika* 78, 691–692.

- Polis, G.A., 1999. Why Are Parts of the World Green? Multiple Factors Control Productivity and the Distribution of Biomass. *Oikos* 86, 3–15. doi:10.2307/3546565
- Poveda, K., GÓMEZ, M.I., Martínez, E., 2008. Diversification practices: their effect on pest regulation and production. *Rev. Colomb. Entomol.* 34, 131–144.
- Puech, C., Baudry, J., Joannon, A., Poggi, S., Aviron, S., 2014. Organic vs. conventional farming dichotomy: Does it make sense for natural enemies? *Agric. Ecosyst. Environ.* 194, 48–57. doi:10.1016/j.agee.2014.05.002
- R Core Team (2015). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Scherber, C., Eisenhauer, N., Weisser, W.W., Schmid, B., Voigt, W., Fischer, M., Schulze, E.-D., Roscher, C., Weigelt, A., Allan, E., Beßler, H., Bonkowski, M., Buchmann, N., Buscot, F., Clement, L.W., Ebeling, A., Engels, C., Halle, S., Kertscher, I., Klein, A.-M., Koller, R., König, S., Kowalski, E., Kummer, V., Kuu, A., Lange, M., Lauterbach, D., Middelhoff, C., Migunova, V.D., Milcu, A., Müller, R., Partsch, S., Petermann, J.S., Renker, C., Rottstock, T., Sabais, A., Scheu, S., Schumacher, J., Temperton, V.M., Tschamntke, T., 2010. Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature* 468, 553–556. doi:10.1038/nature09492
- Seufert, V., Ramankutty, N., Foley, J.A., 2012. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature* 485, 229–232. doi:10.1038/nature11069
- Shackelford, G., Steward, P.R., Benton, T.G., Kunin, W.E., Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Sait, S.M., 2013. Comparison of pollinators and natural enemies: a meta-analysis of landscape and local effects on abundance and richness in crops: Comparison of pollinators and natural enemies. *Biol. Rev.* n/a–n/a. doi:10.1111/brv.12040
- Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., Polasky, S., 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671–677. doi:10.1038/nature01014
- Tylianakis, J.M., Tschamntke, T., Lewis, O.T., 2007. Habitat modification alters the structure of tropical host–parasitoid food webs. *Nature* 445, 202–205. doi:10.1038/nature05429
- Vasseur, C., Joannon, A., Aviron, S., Burel, F., Meynard, J.-M., Baudry, J., 2013. The cropping systems mosaic: How does the hidden heterogeneity of agricultural landscapes drive arthropod populations? *Agric. Ecosyst. Environ.* 166, 3–14. doi:10.1016/j.agee.2012.08.013
- Ubick, D., P. Paquin, P.E. Cushing, and V. Roth (eds). 2005. *Spiders of North America: an identification manual*. American Arachnological Society. 377 pages.

## 10. ANEXOS

### Anexo 1:

Entrevista

Nombre:

Número de parcela:

1. ¿Hace cuantos años trabaja la parcela?
2. ¿Deja descansar la tierra? ¿Por cuánto tiempo?
3. ¿Qué sembró el ciclo anterior?
4. ¿Hace rotación de cultivos? ¿Entre qué cultivos?
5. ¿En qué fecha empezó a preparar la tierra? ¿Con qué instrumentos?  
¿Utiliza maquinaria o tracción animal?
6. ¿Deja el rastrojo del cultivo anterior?
7. ¿En qué fecha sembró esta temporada?
8. ¿Qué variedad de maíz, frijol y/o calabaza sembró?
9. ¿Cuánto tiempo tarda el ciclo de estas variedades de maíz?
10. ¿Cuánto espacio deja entre cada mata de maíz, frijol y/o calabaza?
11. Durante el ciclo ¿Cuándo y cuántas veces deshierbo?
12. ¿Utilizó algún apoyo químico para controlar las malezas? ¿Cuáles? ¿Cómo lo aplico? ¿Cuántas veces?
13. ¿Ha desmontado el borde? ¿Por qué motivo?
14. ¿Ha sembrado plantas en el borde? ¿Cuáles?
15. ¿Abonó en algún momento de la temporada? ¿Qué abono utilizó?  
¿Cuántas veces? ¿Por qué razón?
16. ¿Ha notado la presencia de alguna plaga? ¿Cuál? ¿Desde cuándo esta presente?
17. ¿Qué insecto es el que más causa daño?
18. ¿Qué hace para controlar las plagas?
19. ¿Cree que el borde afecte a la presencia o ausencia de plagas?
20. ¿Dónde y cómo almacena el grano para que se seque?
21. ¿El grano presenta daño por algún insecto?
22. ¿Cuál es el rendimiento aproximado de la parcela?
23. ¿El mantenimiento de los cultivos contiguos lo han afectado? ¿Cómo?
24. ¿Sus parcelas vecinas emplea agroquímicos?
25. ¿En qué fecha cosecha?

## Anexo 2

### Morfoespecies de arañas y su abundancia

| <b>Orden</b> | <b>Familia</b> | <b>Genero</b>  | <b>Morfoespecie</b> | <b>Abundancia</b> | <b>Porcentaje</b> |
|--------------|----------------|----------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| Araneae      | Anyphaenidae   | Tipo 1         | Anypha T1           | 3                 | 0.437             |
| Araneae      | Anyphaenidae   | Tipo 2         | Anypha T2           | 18                | 2.624             |
| Araneae      | Anyphaenidae   | Tipo 3         | Anypha T3           | 2                 | 0.292             |
| Araneae      | Anyphaenidae   | Tipo 4         | Anypha T4           | 1                 | 0.146             |
| Araneae      | Araneidae      | Argiope        | A. Argiope          | 56                | 8.163             |
| Araneae      | Araneidae      | Neoscoma       | A. Neoscoma T1      | 44                | 6.414             |
| Araneae      | Araneidae      | Neoscoma       | A. Neoscoma T2      | 70                | 10.204            |
| Araneae      | Araneidae      | Neoscoma       | A. Neoscoma T3      | 11                | 1.603             |
| Araneae      | Araneidae      | Neoscoma       | A. Neoscoma T4      | 1                 | 0.146             |
| Araneae      | Araneidae      | Neoscoma       | A. Neoscoma T5      | 18                | 2.624             |
| Araneae      | Araneidae      | Tipo 1         | A. Rojiza           | 1                 | 0.146             |
| Araneae      | Araneidae      | Tipo 2         | A. Triangular 1     | 7                 | 1.020             |
| Araneae      | Corinidae      | Castianeirinae | C. Castianeirinae   | 1                 | 0.146             |
| Araneae      | Corinidae      | Castianeirinae | C. Trachelinae      | 3                 | 0.437             |
| Araneae      | Liniphyidae    | Tipo 1         | Liniphyidae T1      | 10                | 1.458             |
| Araneae      | Liniphyidae    | Tipo 2         | Liniphyidae T2      | 5                 | 0.729             |
| Araneae      | Liniphyidae    | Tipo 3         | Liniphyidae T3      | 2                 | 0.292             |
| Araneae      | Liniphyidae    | Tipo 4         | Liniphyidae T4      | 1                 | 0.146             |
| Araneae      | Liniphyidae    | Tipo 5         | Liniphyidae T5      | 2                 | 0.292             |
| Araneae      | Nesticidae     | Tipo 1         | Nesticidae          | 7                 | 1.020             |
| Araneae      | Oxyopidae      | Tipo 1         | Oxyopidae           | 8                 | 1.166             |
| Araneae      | Philodromidae  | Tipo 1         | Philodromidae       | 3                 | 0.437             |
| Araneae      | Salticidae     | Tipo 1         | Salticidae T1       | 4                 | 0.583             |
| Araneae      | Salticidae     | Tipo 2         | Salticidae T2       | 1                 | 0.146             |

|         |                |             |                  |     |        |
|---------|----------------|-------------|------------------|-----|--------|
| Araneae | Salticidae     | Tipo 3      | Salticidae T3    | 5   | 0.729  |
| Araneae | Salticidae     | Tipo 4      | Salticidae T4    | 1   | 0.146  |
| Araneae | Salticidae     | Tipo 5      | Salticidae T5    | 1   | 0.146  |
| Araneae | Salticidae     | Tipo 6      | Salticidae T6    | 2   | 0.292  |
| Araneae | Salticidae     | Tipo 7      | Salticidae T7    | 1   | 0.146  |
| Araneae | Salticidae     | Tipo 8      | Salticidae T8    | 2   | 0.292  |
| Araneae | Salticidae     | Tipo 9      | Salticidae T9    | 3   | 0.437  |
| Araneae | Selenopidae    | Tipo 1      | Selenopidae      | 1   | 0.146  |
| Araneae | Tetragnathidae | Tetragnatha | T. Tetragnatha   | 80  | 11.662 |
| Araneae | Tetragnathidae | Tipo 2      | Tetragnathiae T2 | 12  | 1.749  |
| Araneae | Tetragnathidae | Tipo 3      | Tetragnathiae T3 | 2   | 0.292  |
| Araneae | Thomisidae     | Misumenops  | T. Misumenops    | 123 | 17.930 |
| Araneae | Thomisidae     | Synema      | T. Synema        | 160 | 23.324 |
| Araneae | Thomisidae     | Xysticus    | T. Xysticus      | 14  | 2.041  |

### Anexo 3

#### Morfoespecies avispas y su abundancia

| <b>Orden</b> | <b>Familia</b> | <b>Genero</b> | <b>Morfoespecie</b> | <b>Abundancia</b> | <b>Porcentaje</b> |
|--------------|----------------|---------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| Hymenoptera  | Bethylidae     | Tipo 1        | Bethy T1            | 1                 | 0.082             |
| Hymenoptera  | Bethylidae     | Tipo 2        | Bethy T2            | 1                 | 0.082             |
| Hymenoptera  | Braconidae     | Aphididae     | Braco T1            | 546               | 44.644            |
| Hymenoptera  | Braconidae     | Tipo 2        | Braco T2            | 2                 | 0.164             |
| Hymenoptera  | Braconidae     | Tipo 3        | Braco T3            | 14                | 1.145             |
| Hymenoptera  | Braconidae     | Tipo 4        | Braco T4            | 7                 | 0.572             |
| Hymenoptera  | Braconidae     | Tipo 5        | Braco T5            | 9                 | 0.736             |
| Hymenoptera  | Braconidae     | Tipo 6        | Braco T6            | 125               | 10.221            |
| Hymenoptera  | Braconidae     | Tipo 7        | Braco T7            | 41                | 3.352             |
| Hymenoptera  | Braconidae     | Tipo 8        | Braco T8            | 5                 | 0.409             |
| Hymenoptera  | Braconidae     | Tipo 9        | Braco T9            | 16                | 1.308             |
| Hymenoptera  | Braconidae     | Tipo 10       | Braco T10           | 7                 | 0.572             |
| Hymenoptera  | Braconidae     | Tipo 11       | Braco T11           | 9                 | 0.736             |
| Hymenoptera  | Ceraphronidae  | Tipo 1        | Cera T1             | 1                 | 0.082             |
| Hymenoptera  | Ceraphronidae  | Tipo 2        | Cera T2             | 1                 | 0.082             |
| Hymenoptera  | Ceraphronidae  | Tipo 3        | Cera T3             | 1                 | 0.082             |
| Hymenoptera  | Chalcididae    | Tipo 1        | Chalcididae         | 2                 | 0.164             |
| Hymenoptera  | Chrysididae    | Tipo 1        | Chrysididae         | 1                 | 0.082             |
| Hymenoptera  | Diapriidae     | Tipo 1        | Diaprii T1          | 13                | 1.063             |
| Hymenoptera  | Diapriidae     | Tipo 2        | Diaprii T2          | 17                | 1.390             |
| Hymenoptera  | Diapriidae     | Tipo 3        | Diaprii T3          | 3                 | 0.245             |
| Hymenoptera  | Drynidae       | Tipo 1        | Dryni T1            | 2                 | 0.164             |
| Hymenoptera  | Drynidae       | Tipo 2        | Dryni T2            | 1                 | 0.082             |

|             |               |         |               |    |       |
|-------------|---------------|---------|---------------|----|-------|
| Hymenoptera | Encyrtidae    | Tipo 1  | Encyr T1      | 4  | 0.327 |
| Hymenoptera | Eucharitidae  | Tipo 1  | Eucha T1      | 5  | 0.409 |
| Hymenoptera | Eulophidae    | Tipo1   | Eulophidae    | 1  | 0.082 |
| Hymenoptera | Eurytomidae   | Tipo 1  | EurytomidaeT1 | 29 | 2.371 |
| Hymenoptera | Eurytomidae   | Tipo 2  | EurytomidaeT2 | 24 | 1.962 |
| Hymenoptera | Eurytomidae   | Tipo 3  | Euryt T3      | 4  | 0.327 |
| Hymenoptera | Formicidae    | Tipo 2  | Formi T2      | 9  | 0.736 |
| Hymenoptera | Formicidae    | Tipo 3  | Formi T3      | 17 | 1.390 |
| Hymenoptera | Formicidae    | Tipo 4  | Formi T4      | 3  | 0.245 |
| Hymenoptera | Formicidae    | Tipo 5  | Formi T5      | 9  | 0.736 |
| Hymenoptera | Formicidae    | Tipo 6  | Formi T6      | 15 | 1.226 |
| Hymenoptera | Formicidae    | Tipo 7  | Formi T7      | 1  | 0.082 |
| Hymenoptera | Ichneumonidae | Tipo 1  | Ichne T1      | 8  | 0.654 |
| Hymenoptera | Ichneumonidae | Tipo 2  | Ichne T2      | 4  | 0.327 |
| Hymenoptera | Ichneumonidae | Tipo 3  | Ichne T3      | 15 | 1.226 |
| Hymenoptera | Ichneumonidae | Tipo 4  | Ichne T4      | 2  | 0.164 |
| Hymenoptera | Ichneumonidae | Tipo 5  | Ichne T5      | 16 | 1.308 |
| Hymenoptera | Ichneumonidae | Tipo 6  | Ichne T6      | 1  | 0.082 |
| Hymenoptera | Ichneumonidae | Tipo 7  | Ichne T7      | 5  | 0.409 |
| Hymenoptera | Ichneumonidae | Tipo 8  | Ichne T8      | 29 | 2.371 |
| Hymenoptera | Ichneumonidae | Tipo 9  | Ichne T9      | 1  | 0.082 |
| Hymenoptera | Ichneumonidae | Tipo 10 | Ichne T10     | 2  | 0.164 |
| Hymenoptera | Ichneumonidae | Tipo 11 | Ichne T11     | 13 | 1.063 |
| Hymenoptera | Ichneumonidae | Tipo 12 | Ichne T12     | 3  | 0.245 |
| Hymenoptera | Ichneumonidae | Tipo 13 | Ichne T13     | 1  | 0.082 |
| Hymenoptera | Megaspilidae  | Tipo 1  | Megas T1      | 1  | 0.082 |
| Hymenoptera | Megaspilidae  | Tipo 2  | Megas T2      | 1  | 0.082 |
| Hymenoptera | Mymaridae     | Tipo 1  | Mymar T1      | 4  | 0.327 |
| Hymenoptera | Ormyridae     | Tipo 1  | Ormyr T1      | 4  | 0.327 |

|             |                |        |              |    |       |
|-------------|----------------|--------|--------------|----|-------|
| Hymenoptera | Ormyridae      | Tipo 2 | Ormyr T2     | 2  | 0.164 |
| Hymenoptera | Peradeniidae   | Tipo 1 | Peradeniidae | 1  | 0.082 |
| Hymenoptera | Perilampidae   | Tipo 1 | Perilampidae | 2  | 0.164 |
| Hymenoptera | Pompilidae     | Tipo 1 | Pompi T1     | 2  | 0.164 |
| Hymenoptera | Pompilidae     | Tipo 2 | Pompi T2     | 1  | 0.082 |
| Hymenoptera | Proctotrupidae | Tipo 1 | Proto T1     | 16 | 1.308 |
| Hymenoptera | Pteromalidae   | Tipo 1 | Ptero T1     | 68 | 5.560 |
| Hymenoptera | Pteromalidae   | Tipo 2 | Ptero T2     | 18 | 1.472 |
| Hymenoptera | Pteromalidae   | Tipo 3 | Ptero T3     | 3  | 0.245 |
| Hymenoptera | Pteromalidae   | Tipo 4 | Ptero T4     | 6  | 0.491 |
| Hymenoptera | Pteromalidae   | Tipo 5 | Ptero T5     | 7  | 0.572 |
| Hymenoptera | Pteromalidae   | Tipo 6 | Ptero T6     | 1  | 0.082 |
| Hymenoptera | Scolidae       | Tipo 1 | Scoli T1     | 2  | 0.164 |
| Hymenoptera | Sphecidae      | Tipo 1 | Sphecidae    | 1  | 0.082 |
| Hymenoptera | Tiphidae       | Tipo 1 | Tiphi T1     | 4  | 0.327 |
| Hymenoptera | Torymidae      | Tipo 1 | Torym T1     | 14 | 1.145 |
| Hymenoptera | Torymidae      | Tipo 2 | Torym T2     | 4  | 0.327 |
| Hymenoptera | Vespidae       | Tipo 1 | Vespi T1     | 1  | 0.082 |
| Hymenoptera | Vespidae       | Tipo 2 | Vespi T2     | 4  | 0.327 |
| Hymenoptera | Vespidae       | Tipo 3 | Vespi T3     | 4  | 0.327 |
| Hymenoptera | Vespidae       | Tipo 4 | Vespi T4     | 4  | 0.327 |
| Hymenoptera | Vespidae       | Tipo 5 | Vespi T5     | 2  | 0.164 |

## Anexo 4

Matriz de correlaciones. Donde (“ \*\*\* ” < 0.001, “ \*\* ” < 0.01, “ \* ” < 0.05, “ . ” < 0.1)

|                                   | ABUNDANCIA DE ARAÑAS | ABUNDANCIA AVISPAS | ÁREA BORDE/ÁREA PARCELA | ABUNDANCIA ARBOLES | ABUNDANCIA HERBÁCEAS | ÁREA BORDES     | ÁREA PARCELA   | COBERTURA PASTOS | DISTANCIA A ASENTACION HUMANA |
|-----------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|-----------------|----------------|------------------|-------------------------------|
| ABUNDANCIA DE ARAÑAS              | 1                    | -0.356             | <b>0.547*</b>           | -0.012             | 0.165                | <b>0.682***</b> | <b>0.450*</b>  | 0.295            | <b>0.652**</b>                |
| ABUNDANCIA AVISPAS                | -0.356               | 1                  | -0.431                  | -0.218             | -0.346               | -0.345          | -0.225         | <b>-0.450*</b>   | -0.279                        |
| ÁREA BORDE/ÁREA PARCELA           | <b>0.547*</b>        | -0.431             | 1                       | 0.130              | 0.085                | <b>0.623**</b>  | -0.029         | 0.258            | <b>0.507*</b>                 |
| ABUNDANCIA ARBOLES                | -0.012               | -0.218             | 0.130                   | 1                  | 0.064                | 0.506           | <b>0.472*</b>  | 0.089            | 0.211                         |
| ABUNDANCIA HERBÁCEAS              | 0.165                | -0.346             | 0.085                   | 0.064              | 1                    | 0.236           | 0.062          | -0.308           | 0.103                         |
| ÁREA BORDES                       | <b>0.682***</b>      | -0.345             | <b>0.623**</b>          | 0.506              | 0.236                | 1               | <b>0.652**</b> | 0.105            | <b>0.729***</b>               |
| ÁREA PARCELA                      | <b>0.450*</b>        | -0.225             | -0.029                  | <b>0.472*</b>      | 0.062                | <b>0.652**</b>  | 1              | 0.211            | <b>0.530*</b>                 |
| COBERTURA PASTOS                  | 0.295                | <b>-0.450*</b>     | 0.258                   | 0.089              | -0.308               | 0.105           | 0.211          | 1                | 0.322                         |
| DISTANCIA AL ASENTACION HUMANA    | <b>0.652**</b>       | -0.279             | <b>0.507*</b>           | 0.211              | 0.103                | <b>0.729***</b> | <b>0.530*</b>  | 0.322            | 1                             |
| DISTANCIA A LA VEGETACIÓN NATURAL | <b>-0.551*</b>       | 0.085              | -0.435                  | 0.058              | 0.010                | <b>-0.505*</b>  | -0.302         | -0.439           | <b>-0.775***</b>              |
| LONGITUD BORDE CAMINO             | <b>-0.475*</b>       | 0.347              | <b>-0.576**</b>         | -0.063             | -0.300               | -0.342          | 0.103          | -0.165           | -0.345                        |
| LONGITUD BORDE CULTIVO            | -0.042               | 0.207              | -0.318                  | -0.134             | -0.193               | -0.156          | 0.111          | -0.107           | -0.027                        |

|                                       |                 |                |                |                 |        |                 |                 |        |                  |
|---------------------------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|--------|-----------------|-----------------|--------|------------------|
| LONGITUD BORDE VEGETACIÓN SEMINATURAL | <b>0.514*</b>   | -0.118         | <b>0.599**</b> | 0.030           | 0.371  | <b>0.702***</b> | 0.236           | -0.048 | <b>0.603**</b>   |
| LONGITUD BORDE HERBÁCEO               | <b>0.478*</b>   | <b>-0.517*</b> | 0.301          | <b>0.667**</b>  | 0.107  | <b>0.711***</b> | <b>0.767***</b> | 0.286  | <b>0.482*</b>    |
| NÚMERO DE VARIEDADES DE MAÍZ          | 0.208           | -0.315         | 0.102          | -0.009          | 0.260  | -0.092          | -0.204          | -0.108 | -0.074           |
| NÚMERO DE DESHIERBES                  | -0.025          | 0.097          | -0.120         | <b>-0.606**</b> | -0.026 | -0.435          | -0.295          | 0.083  | 0.095            |
| PERIMETRO                             | 0.468           | -0.410         | 0.293          | <b>0.719***</b> | 0.125  | <b>0.824***</b> | <b>0.844***</b> | 0.182  | <b>0.549*</b>    |
| RIQUEZA ARAÑAS                        | <b>0.746***</b> | -0.222         | 0.276          | 0.091           | -0.072 | <b>0.520*</b>   | <b>0.537*</b>   | 0.331  | <b>0.498*</b>    |
| RIQUEZA ARBOLES                       | -0.115          | -0.056         | 0.073          | <b>0.710***</b> | 0.049  | 0.105           | 0.0714          | 0.120  | 0.051            |
| RIQUEZA AVISPAS                       | 0.085           | <b>0.482*</b>  | -0.437         | -0.212          | -0.251 | -0.116          | 0.28            | -0.216 | -0.017           |
| RIQUEZA HERBACEAS                     | <b>0.452*</b>   | -0.153         | <b>0.650**</b> | 0.101           | 0.352  | <b>0.622**</b>  | 0.211           | -0.011 | <b>0.672**</b>   |
| RIQUEZA PASTOS                        | 0.086           | -0.252         | 0.272          | 0.066           | 0.326  | 0.236           | 0.266           | 0.079  | 0.307            |
| SHANNON HERBACEAS                     | 0.241           | 0.052          | 0.477*         | 0.156           | -0.257 | <b>0.534*</b>   | 0.317           | 0.119  | <b>0.580**</b>   |
| SIMPSON HERBÁCEAS                     | 0.168           | 0.118          | 0.262          | 0.134           | -0.348 | 0.440           | 0.352           | 0.045  | 0.408            |
| TIEMPO TRABAJADO DE LA PARCELA        | <b>-0.541*</b>  | 0.045          | -0.306         | -0.228          | -0.005 | <b>-0.481*</b>  | <b>-0.486*</b>  | -0.321 | <b>-0.755***</b> |

|                                                | DISTANCIA A<br>VEGETACIÓN<br>NATURAL | LONGITUD<br>BORDE<br>CAMINO | LONGITUD<br>BORDE<br>CULTIVO | LONGITUD<br>BORDE<br>VEGETACIÓN<br>SEMINATURAL | LONGITUD<br>BORDE<br>HERBÁCEO | NÚMERO DE<br>VARIEDADES<br>DE MAÍZ | NÚMERO DE<br>DESHIERBES | PERIMETRO       | RIQUEZA<br>ARAÑAS |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------|
| ABUNDANCIA<br>DE ARAÑAS                        | <b>-0.551*</b>                       | <b>-0.475*</b>              | -0.042                       | <b>0.514*</b>                                  | <b>0.478*</b>                 | 0.208                              | -0.025                  | 0.468           | <b>0.746***</b>   |
| ABUNDANCIA<br>AVISPAS                          | 0.085                                | 0.347                       | 0.207                        | -0.118                                         | <b>-0.517*</b>                | -0.315                             | 0.097                   | -0.419          | -0.222            |
| ÁREA BORDE/<br>ÁREA<br>PARCELA                 | -0.435                               | <b>-0.576**</b>             | -0.318                       | <b>0.599**</b>                                 | 0.301                         | 0.102                              | -0.120                  | 0.293           | 0.276             |
| ABUNDANCIA<br>ARBOLES                          | 0.058                                | -0.063                      | -0.134                       | 0.030                                          | <b>0.667**</b>                | -0.009                             | <b>-0.606**</b>         | <b>0.719***</b> | 0.091             |
| ABUNDANCIA<br>HERBÁCEAS                        | 0.010                                | -0.300                      | -0.193                       | 0.371                                          | 0.107                         | 0.260                              | -0.026                  | 0.125           | -0.072            |
| ÁREA BORDES<br>ÁREA<br>PARCELA                 | <b>-0.505*</b>                       | -0.342                      | -0.156                       | <b>0.702***</b>                                | <b>0.711***</b>               | -0.092                             | -0.435                  | <b>0.824***</b> | <b>0.520*</b>     |
| COBERTURA<br>PASTOS                            | -0.439                               | -0.165                      | -0.107                       | -0.048                                         | 0.286                         | -0.108                             | 0.083                   | 0.182           | 0.331             |
| DISTANCIA AL<br>ASENTACION<br>HUMANA           | <b>-0.775***</b>                     | -0.345                      | -0.027                       | <b>0.603**</b>                                 | 0.482*                        | -0.074                             | 0.095                   | <b>0.549*</b>   | <b>0.498*</b>     |
| DISTANCIA A<br>VEGETACIÓN<br>NATURAL           | 1                                    | 0.440                       | -0.092                       | <b>-0.552*</b>                                 | -0.177                        | 0.356                              | -0.071                  | -0.256          | -0.319            |
| LONGITUD<br>BORDE<br>CAMINO                    | 0.440                                | 1                           | -0.111                       | -0.365                                         | <b>-0.187*</b>                | -0.197                             | -0.065                  | -0.120          | -0.284            |
| LONGITUD<br>BORDE<br>CULTIVO                   | -0.092                               | -0.111                      | 1                            | -0.116                                         | -0.101                        | 0.138                              | 0.093                   | 0.026           | -0.028            |
| LONGITUD<br>BORDE<br>VEGETACIÓN<br>SEMINATURAL | <b>-0.552*</b>                       | -0.365                      | -0.116                       | 1                                              | 0.074                         | -0.164                             | -0.090                  | 0.270           | 0.173             |
| LONGITUD<br>BORDE<br>HERBÁCEO                  | -0.177                               | <b>-0.187*</b>              | -0.101                       | 0.074                                          | 1                             | 0.084                              | -0.423                  | <b>0.940***</b> | <b>0.573**</b>    |

|                                         |                |                |        |                 |                 |         |                |                |                |
|-----------------------------------------|----------------|----------------|--------|-----------------|-----------------|---------|----------------|----------------|----------------|
| NÚMERO DE<br>VARIEDADES<br>DE MAÍZ      | 0.356          | -0.197         | 0.138  | -0.164          | 0.084           | 1       | 0.092          | -0.006         | 0.080          |
| NÚMERO DE<br>DESHIERBES                 | -0.071         | -0.065         | 0.093  | -0.090          | -0.423          | 0.092   | 1              | <b>-0.541*</b> | 0.135          |
| PERIMETRO                               | -0.256         | -0.120         | 0.026  | 0.270           | <b>0.940***</b> | -0.006  | <b>-0.541*</b> | 1              | <b>0.482*</b>  |
| RIQUEZA<br>ARAÑAS                       | -0.319         | -0.284         | -0.028 | 0.173           | <b>0.573**</b>  | 0.080   | 0.135          | <b>0.482*</b>  | 1              |
| RIQUEZA<br>ARBOLES                      | 0.160          | -0.150         | 0.029  | -0.057          | 0.251           | 0.406   | -0.208         | 0.270          | -0.013         |
| RIQUEZA<br>AVISPAS                      | -0.084         | 0.146          | 0.384  | -0.060          | -0.155          | -0.200  | 0.174          | -0.088         | 0.260          |
| RIQUEZA<br>HERBACEAS                    | <b>-0.524*</b> | <b>-0.276*</b> | -0.385 | <b>0.779***</b> | 0.159           | -0.115  | -0.077         | 0.262          | 0.132          |
| RIQUEZA<br>PASTOS                       | -0.041         | 0.092          | 0.051  | 0.449           | 0.107           | 0.131   | 0.080          | 0.223          | -0.029         |
| SHANNON<br>HERBACEAS                    | <b>-0.553*</b> | <b>0.029*</b>  | -0.164 | <b>0.547*</b>   | 0.190           | -0.3947 | -0.276         | 0.332          | 0.013          |
| SIMPSON<br>HERBÁCEAS                    | -0.445         | 0.138          | -0.038 | 0.412           | 0.166           | -0.414  | -0.325         | 0.314          | 0.014          |
| TIEMPO<br>TRABAJADO<br>DE LA<br>PARCELA | <b>0.505*</b>  | <b>0.324*</b>  | -0.105 | -0.343          | -0.407          | -0.129  | -0.128         | -0.425         | <b>-0.447*</b> |

|                                                | RIQUEZA<br>ARBOLES | RIQUEZA<br>AVISPAS | RIQUEZA<br>HERBACEAS | RIQUEZA<br>PASTOS | SHANNON<br>HERBACEAS | SIMPSON<br>HERBÁCEAS | TIEMPO<br>TRABAJADO<br>DE LA<br>PARCELA |
|------------------------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| ABUNDANCIA<br>DE ARAÑAS                        | -0.115             | 0.085              | <b>0.452*</b>        | 0.086             | 0.241                | 0.168                | <b>-0.541*</b>                          |
| ABUNDANCIA<br>AVISPAS                          | -0.056             | <b>0.482*</b>      | -0.153               | -0.252            | 0.052                | 0.118                | 0.045                                   |
| ÁREA BORDE/<br>ÁREA PARCELA                    | 0.073              | -0.437             | <b>0.650**</b>       | 0.272             | <b>0.477*</b>        | 0.262                | -0.306                                  |
| ABUNDANCIA<br>ARBOLES                          | <b>0.710***</b>    | -0.212             | 0.101                | 0.066             | 0.156                | 0.134                | -0.228                                  |
| ABUNDANCIA<br>HERBÁCEAS                        | 0.049              | -0.251             | 0.352                | 0.326             | -0.257               | -0.348               | -0.005                                  |
| ÁREA BORDES                                    | 0.105              | -0.116             | <b>0.622**</b>       | 0.236             | <b>0.534*</b>        | 0.440                | <b>-0.481*</b>                          |
| ÁREA PARCELA                                   | 0.071              | 0.287              | 0.211                | 0.266             | 0.317                | 0.352                | -0.486*                                 |
| COBERTURA<br>PASTOS                            | 0.120              | -0.216             | -0.011               | 0.079             | 0.119                | 0.045                | -0.321                                  |
| DISTANCIA AL<br>ASENTACION<br>HUMANA           | 0.051              | -0.017             | <b>0.672**</b>       | 0.307             | <b>0.580**</b>       | 0.408                | <b>-0.755***</b>                        |
| DISTANCIA A<br>VEGETACIÓN<br>NATURAL           | 0.160              | -0.084             | <b>-0.524*</b>       | -0.041            | <b>-0.553*</b>       | -0.445               | <b>0.505*</b>                           |
| LONGITUD<br>BORDE<br>CAMINO                    | -0.150             | 0.146              | <b>-0.276*</b>       | 0.092             | <b>0.029*</b>        | 0.138                | <b>0.324*</b>                           |
| LONGITUD<br>BORDE<br>CULTIVO                   | 0.029              | 0.384              | -0.385               | 0.051             | -0.164               | -0.038               | -0.105                                  |
| LONGITUD<br>BORDE<br>VEGETACIÓN<br>SEMINATURAL | -0.057             | -0.060             | <b>0.779***</b>      | 0.449             | <b>0.547*</b>        | 0.412                | -0.343                                  |
| LONGITUD<br>BORDE<br>HERBÁCEO                  | 0.251              | -0.155             | 0.159                | 0.107             | 0.190                | 0.166                | -0.407                                  |

|                                         |        |        |                |               |                 |                 |                |
|-----------------------------------------|--------|--------|----------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|
| NÚMERO DE<br>VARIEDADES<br>DE MAÍZ      | 0.406  | -0.200 | -0.115         | 0.131         | -0.394          | -0.414          | -0.129         |
| NÚMERO DE<br>DESHIERBES                 | -0.208 | 0.174  | -0.077         | 0.080         | -0.276          | -0.325          | -0.128         |
| PERIMETRO                               | 0.270  | -0.088 | 0.262          | 0.223         | 0.332           | 0.314           | -0.425         |
| RIQUEZA<br>ARAÑAS                       | -0.013 | 0.260  | 0.132          | -0.029        | 0.013           | 0.014           | <b>-0.447*</b> |
| RIQUEZA<br>ARBOLES                      | 1      | -0.105 | 0.005          | 0.178         | -0.117          | -0.170          | -0.270         |
| RIQUEZA<br>AVISPAS                      | -0.105 | 1      | -0.056         | -0.137        | -0.079          | 0.018           | -0.061         |
| RIQUEZA<br>HERBACEAS                    | 0.005  | -0.056 | 1              | <b>0.496*</b> | <b>0.614**</b>  | 0.335           | -0.433         |
| RIQUEZA<br>PASTOS                       | 0.178  | -0.137 | <b>0.496*</b>  | 1             | 0.235           | 0.049           | -0.298         |
| SHANNON<br>HERBACEAS                    | -0.117 | -0.079 | <b>0.614**</b> | 0.235         | 1               | <b>0.925***</b> | -0.437         |
| SIMPSON<br>HERBÁCEAS                    | -0.170 | 0.018  | 0.335          | 0.049         | <b>0.925***</b> | 1               | -0.297         |
| TIEMPO<br>TRABAJADO<br>DE LA<br>PARCELA | -0.270 | -0.061 | -0.433         | -0.298        | -0.437          | -0.297          | 1              |

Anexo 5.

Coefficientes de los modelos promedio. Donde (“ \*\*\* ” < 0.001, ” \*\* ” < 0.01, “ \* ” < 0.05, “ . ” < 0.1)

| <b>Riqueza de arañas</b>                |          |                         |         |            |
|-----------------------------------------|----------|-------------------------|---------|------------|
|                                         | Estimado | Error estándar ajustado | Valor Z | Pr(> z )   |
| <b>(Intercepto)</b>                     | 10.050   | 0.761                   | 13.196  | <2e-16 *** |
| <b>Insecticida</b>                      | -3.068   | 1.555                   | 1.972   | 0.048 *    |
| <b>Distancia al asentamiento humano</b> | 2.504    | 1.620                   | 1.545   | 0.122      |
| <b>Cobertura de pastos</b>              | 1.625    | 1.449                   | 1.121   | 0.262      |
| <b>Tiempo de trabajo de la parcela</b>  | -1.657   | 1.553                   | 1.067   | 0.286      |

| <b>Abundancia de arañas</b>             |          |                         |         |              |
|-----------------------------------------|----------|-------------------------|---------|--------------|
|                                         | Estimado | Error estándar ajustado | Valor Z | Pr(> z )     |
| <b>(Intercepto)</b>                     | 34.300   | 1.423                   | 24.108  | < 2e-16 ***  |
| <b>Insecticida</b>                      | -17.864  | 3.416                   | 5.230   | 1.70e-07 *** |
| <b>Área del borde/ Área de parcela</b>  | 8.264    | 3.385                   | 2.441   | 0.014 *      |
| <b>Distancia al asentamiento humano</b> | 15.567   | 3.897                   | 3.994   | 6.49e-05 *** |
| <b>Limpia el borde</b>                  | -5.103   | 3.409                   | 1.497   | 0.134        |
| <b>Cultivo anterior</b>                 | -9.935   | 4.302                   | 2.309   | 0.020 *      |
| <b>Cobertura de pastos</b>              | 5.804    | 3.248                   | 1.787   | 0.074 .      |

| <b>Riqueza de avispas</b>              |          |                         |         |             |
|----------------------------------------|----------|-------------------------|---------|-------------|
|                                        | Estimado | Error estándar ajustado | Valor Z | Pr(> z )    |
| <b>(Intercepto)</b>                    | 17.300   | 1.007                   | 17.180  | < 2e-16 *** |
| <b>Insecticida</b>                     | -4.468   | 2.073                   | 2.155   | 0.031 *     |
| <b>Área del borde/ Área de parcela</b> | -8.613   | 2.919                   | 2.951   | 0.003 **    |

|                                |        |        |       |           |
|--------------------------------|--------|--------|-------|-----------|
| <b>Abundancia de herbáceas</b> | -4.455 | 2.095  | 2.126 | 0.033 *   |
| <b>Riqueza de herbáceas</b>    | 5.9639 | 2.9793 | 2.002 | 0.04531 * |

#### Abundancia de avispas

|                                         | Estimado | Error estándar ajustado | Valor Z | Pr(> z )     |
|-----------------------------------------|----------|-------------------------|---------|--------------|
| <b>(Intercepto)</b>                     | 124.758  | 11.682                  | 10.679  | < 2e-16 ***  |
| <b>Descanso de la tierra</b>            | -16.391  | 4.138                   | -3.961  | 7.47e-05 *** |
| <b>Uso de herbicida</b>                 | -22.595  | 3.903                   | -5.788  | 7.11e-09 *** |
| <b>Área del borde/ Área parcela</b>     | -98.096  | 12.372                  | -7.928  | 2.22e-15 *** |
| <b>Abundancia de herbáceas</b>          | -0.046   | 0.004                   | -9.513  | < 2e-16 ***  |
| <b>Cobertura de pastos</b>              | -0.789   | 0.116                   | -6.787  | 1.15e-11 *** |
| <b>Distancia al asentamiento humano</b> | -0.034   | 0.006                   | -5.043  | 4.59e-07 *** |
| <b>Riqueza de herbáceas</b>             | 2.502    | 0.392                   | 6.381   | 1.76e-10 *** |

#### Rendimiento de maíz

|                                        | Estimado | Error estándar ajustado | Valor Z | Pr(> z )   |
|----------------------------------------|----------|-------------------------|---------|------------|
| <b>(Intercepto)</b>                    | 3.334    | 0.220                   | 15.125  | <2e-16 *** |
| <b>Riqueza de herbáceas</b>            | -1.150   | 0.508                   | 2.265   | 0.023 *    |
| <b>Área del borde/ Área de parcela</b> | -0.900   | 0.590                   | 1.526   | 0.127      |
| <b>Cobertura de pastos</b>             | -0.438   | 0.449                   | 0.975   | 0.329      |