



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

**TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CONKAL**

**INSECTOS BENÉFICOS Y FITÓFAGOS
EN MONOCULTIVOS Y POLICULTIVOS DE MAÍZ**

TESIS

Que presenta:

Ignacio Cuéllar Beristain

Como requisito parcial para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias en Horticultura Tropical

Directora de Tesis

Dra. Alejandra González Moreno

Conkal, Yucatán, México

Diciembre, 2023



TecNM



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Conkal
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Conkal, Yucatán, México a 06 de diciembre de 2023.

El comité de tesis del candidato a grado: Ignacio Cuéllar Beristain, constituido por los CC. Alejandra González Moreno, Arturo Reyes Ramírez, Jorge Leandro Leirana Alcocer habiéndose reunido con el fin de evaluar el contenido teórico- metodológico y de verificar la estructura y formato de la tesis titulada: Insectos Benéficos y fitófagos en monocultivos y policultivos de maíz, que presenta como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura Tropical, según lo establece el Capítulo 2, inciso 2.13.3, de los Lineamientos para la Operación de los Estudios de Posgrado en el Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, dictaminaron su aprobación para que pueda ser presentada en el examen de grado correspondiente.

ATENTAMENTE

Dra. Alejandra González Moreno
Directora de Tesis

Dr. Jorge Leandro Leirana Alcocer
Co-director de Tesis

Dr. Arturo Reyes Ramírez
Asesor de Tesis



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Conkal
División de Estudios de Posgrado e Investigación

Conkal, Yucatán, México a 06 de diciembre de 2023

DECLARATORIA DE PROPIEDAD

Declaro que la información contenida en las secciones de materiales y métodos, resultados y discusión de este documento, es producto del trabajo de investigación realizado durante mi estudio de posgrado y con base en los términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y la Ley de la Propiedad Industrial le pertenece patrimonialmente al Instituto Tecnológico de Conkal. En virtud de lo manifestado reconozco que los productos intelectuales o desarrollos tecnológicos que se deriven de lo correspondiente a dicha información son propiedad de la citada institución educativa.

Ignacio Cuéllar Beristain

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesora de tesis por todo el apoyo brindado para la realización del trabajo de investigación.

A mis compañeros de maestría de igual manera por su apoyo.

Al tecnológico de Conkal y a sus profesores, así como a Conahcyt por apoyar la investigación científica.

A quienes me ayudaron en laboratorio y en el establecimiento durante la colocación de trampas Malaise e identificación de las áreas de experimentación durante la revisión de las muestras de insectos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----------|
| Agradecimientos | i |
| Dedicatoria | ii |
| Índice de contenido | iii |
| Índice de cuadros y figuras | iv |
| CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN GENERAL | 2 |
| 1.1 Introducción general | 2 |
| 1.2 Antecedentes | 4 |
| 1.3 Hipótesis | 12 |
| 1.4 Objetivos | 12 |
| 1.4.1 Objetivo general | 12 |
| 1.4.2 Objetivos específicos | 12 |
| 1.5 Procedimiento experimental | 13 |
| 1.6 Literatura citada | 15 |
| CAPÍTULO 2 RESULTADOS | |
| 2.1 Resumen | 18 |
| 2.2 Introducción | 20 |
| 2.3 Materiales y métodos | 21 |
| 2.4 Resultados | 22 |
| 2.5 Discusión | 32 |
| 2.6 Conclusiones | 35 |
| 2.7 Literatura citada | 36 |

ÍNDICE DE CUADROS Y/O FIGURA

| | | |
|-------------------|--|-----------|
| Figura 1. | Curva de rarefacción de la riqueza de familias para monocultivo y policultivo de maíz | 29 |
| Figura 2. | Curva de rarefacción de la riqueza de grupos funcionales | 30 |
| Figura 3. | Curva de Whittaker del grupo funcional de insectos fitófagos | 32 |
| Figura 4. | Curva de Whittaker del grupo funcional de insectos depredadores | 33 |
| Figura 5. | Curva de Whittaker del grupo funcional de insectos parasitoides | 34 |
| Figura 6. | Curva de Whittaker del grupo funcional de insectos saprófagos | 35 |
| Figura 7. | Curva de Whittaker con los gremios fitófagos..... | 36 |
| Figura 8. | Curva de Whittaker con los gremios depredadores..... | 37 |
| Figura 9. | Curva de Whittaker con los gremios parasitoides..... | 38 |
| Figura 10. | Curva de Whittaker con los gremios saprófagos..... | 39 |

| | |
|--|-----------|
| Cuadro 1. Análisis no paramétrico de Kruskal Wallis para medir diferencias de la abundancia de entomofauna..... | 31 |
|--|-----------|

Introducción

La presencia de la entomofauna es vital para los diferentes cultivos, ya que desempeñan diferentes funciones, algunas especies de insectos son plagas que se alimentan de las hojas, tallos, raíces o granos de maíz, lo que puede reducir el rendimiento y la calidad de la cosecha; otras pueden transmitir enfermedades a las plantas de maíz, lo que puede causar aún más daño (Bianchi, 2006) y otros son fauna benéfica como polinizadores o parasitoides y depredadores de los fitófagos que pudieran convertirse en plagas.

La diversidad de la entomofauna se utiliza para evaluar la calidad ambiental y la eficacia de las prácticas de conservación, ya que cambios en su composición y abundancia pueden indicar problemas ecológicos. El monitoreo de ésta es crucial para la gestión y conservación de los ecosistemas, ya que sirve como indicador de su salud y estabilidad (Abdala-Roberts *et al.*, 2015; Castillo *et al.*, 2015; Mirabal *et al.*, 2016). Esto no sólo aplica en sistemas naturales, sino también en agroecosistemas, ya que, el rendimiento de los cultivos, puede verse afectado por las plagas al dañar directamente las partes comestibles de la planta o al disminuir su capacidad de fotosíntesis; o la entomofauna pueden contribuir a un mejor crecimiento y producción si tiene una diversidad alta de enemigos naturales (Altieri, 1999). Por lo que, es crucial comprender y gestionar la entomofauna en los agroecosistemas para optimizar la producción y la calidad de los cultivos (Wilson, 2019).

El diseño de los agroecosistemas es importante para mantener cierta biodiversidad, ya que es bien sabido que una disminución de esta ocasiona sistemas dependientes del manejo absoluto del hombre, favoreciendo plagas y enfermedades (Altieri y Nicholls, 2019). varios autores han demostrado que la diversidad vegetal favorece una mayor diversidad de fitófagos y por consiguiente de enemigos naturales, llevando a la homeostasis en los sistemas (Gliessman, 2007). Sin embargo, la mayor parte de la agricultura se ha centrado en mantener grandes extensiones de una sola especie vegetal, en monocultivos, lo que limita la diversidad de nichos para los insectos, lo que aumenta la vulnerabilidad a plagas y enfermedades.

Los policultivos, a diferencia de los monocultivos, se componen de diferentes especies de plantas que se cultivan juntas en un mismo terreno, lo que puede aumentar la heterogeneidad de los hábitats y recursos disponibles para los insectos (Gur *et al.*, 2004), favoreciendo una mayor diversidad de especies. También es importante destacar que los policultivos pueden ayudar a reducir la erosión del suelo, mejorar la fertilidad y reducir la necesidad de productos químicos para el control de plagas y enfermedades, lo que puede contribuir a una mayor salud y diversidad del suelo y el microbiota asociado (Westphal *et al.*, 2009).

El conocimiento de la entomofauna agrícola se ha centrado en estudios sobre polinización y control de plagas (Gliessman *et al.*, 2007). Particularmente en Yucatán se ha demostrado que los policultivos de maíz y frijol promueven una mayor diversidad y abundancia de artrópodos beneficiosos, como depredadores y parasitoides, en comparación con los monocultivos de maíz (Canto-Pinto *et al.*, 2017).

En general, los estudios realizados en Yucatán y otras regiones de México han demostrado los beneficios de los policultivos para la biodiversidad y la sostenibilidad agrícola en la región, lo que sugiere que estos sistemas agrícolas pueden ser una alternativa viable para promover la conservación de la biodiversidad (Haines-Young y Potschin-Young, 2010)

La investigación sobre insectos en policultivos puede ayudar a comprender cómo la diversidad de cultivos puede influir en la abundancia y el comportamiento de los insectos. Esto puede tener implicaciones importantes para la producción de alimentos y la seguridad alimentaria, promoviendo prácticas agrícolas sostenibles que beneficien a la fauna silvestre (Bonilla Sánchez *et al.*, 1995) y mejoren la productividad agrícola en la región, proporcionando información valiosa para la conservación y gestión de los ecosistemas (Haines-Young y Potschin-Young, 2010), por lo que en este trabajo se evaluó la diversidad funcional de la entomofauna presente en policultivos y monocultivos de maíz.

Antecedentes

Policultivos

Los policultivos, también conocidos como cultivos mixtos o cultivos polifásicos, son sistemas agrícolas en los cuales se cultivan varias especies de plantas diferentes en una misma parcela de tierra en el mismo período de crecimiento. Este método ha sido usado por la mayoría de los agricultores que practican agricultura de subsistencia y consumen sus propios cultivos o intercambiar parte de su producción por otros bienes; una práctica que garantiza la supervivencia, cualitativa y seguridad alimentaria estacional cuantitativa y estabilidad económica (Altieri y Nicholls, 2019; Altieri y Nicholls, 2007; Perfecto y Vandermeer, 2010) además de aumentar la abundancia de los productos agrícolas y la mejora de la diversidad ecológica del área específica sería emplear una técnica de policultivo que comprende cultivos comunes como pueden ser: el maíz, la piña y yuca (Araújo-Neto S. *et al.*, 2014). (Harvey C A *et al.*, 2003), (Romero, 2009).

Es importante tener en cuenta que los policultivos pueden ser menos atractivos para ciertas plagas que los monocultivos, ya que las plantas se mezclan y no están dispuestas en grandes bloques uniformes (Araújo-Neto S. *et al.*, 2014); lo que causa una confusión visual y olfativa por la mezcla de olores, por lo que los fitófagos no localizan fácilmente a su planta hospedera; de igual forma al haber mayor diversidad de hospederos y no depender sólo de una especie de planta, dificulta que las plagas se establezcan y propaguen con facilidad, ya que no encuentran un hospedero continuo.

Otra de las ventajas de los policultivos es que la diversidad de especies vegetales actúa como barreras físicas, que terminan desorientando al insecto causando que no genere un daño tan severo, por lo que la distribución y presencia de las plagas es en comparación a monocultivos reduce los gastos realizados en agroquímicos (Araújo-Neto S. *et al.*, 2014). Esto puede disminuir la probabilidad de que las plagas se establezcan y se multipliquen en grandes números (Letourneau ., & Goldstein . 2001) (González., *et al.*, 2022); pueden ofrecer una mayor diversidad de microclimas en un área relativamente pequeña, lo que puede atraer a diferentes especies de insectos, incluyendo polinizadores y depredadores naturales que pueden controlar las plagas (Letourneau y Goldstein . 2001; Westphal, . *et al.*, 2009).

En los países con climas tropicales, los sistemas tradicionales de cultivo han desempeñado una función social muy importante, como satisfacer la demanda de alimentos. Son en estos sistemas donde los agricultores custodian la mayor parte de la diversidad genética cultivada del continente americano (Oldfield y Alcorn, 1987). Aquí, la combinación del conocimiento tradicional acerca de los usos y manejo de la diversidad de los cultivos y la variabilidad de agroecosistemas, determinan la evolución de las especies y sientan permiten la conservación de la diversidad genética de especies locales (Herrera. *et al.*, 2005).

Además, los policultivos a menudo se asocian con prácticas agrícolas sostenibles, como la reducción del uso de pesticidas químicos. Esto puede fomentar poblaciones saludables de enemigos naturales y reducir la presión de las plagas (Altieri, 2000; Stephen y Gliessman 2015) (FAO, 2022) (Roland, *et al.*, 2017).

Policultivos en México

En la agricultura mexicana existen sistemas de producción tradicionales que se basan en la combinación de tecnología tradicional y moderna, desarrollados por los propios productores de manera paralela a los centros de investigación y enseñanza agrícola. Tales esquemas implican una perspectiva diferente a los sistemas altamente tecnificados, ya que se fundamentan en la diversidad de recursos fitogenéticos nativos e introducidos, en el uso de insumos propios y externos, en esquemas flexibles adaptados a condiciones locales, en experiencias y conocimientos desarrollados por largos periodos de tiempo y, en un detallado conocimiento de las relaciones entre los cultivos y su medio ambiente (Licona-Vargas, 2007).

Sistema tres hermanas: similar a la milpa, pero implica combinar maíz, frijol y calabaza. El maíz proporciona un soporte para que el frijol crezca, mientras que la calabaza cubre el suelo y reduce la competencia de las malas hierbas, (arvenses) (Hernández, *et al.*, 2017)

Sistema agroforestal: Los sistemas agroforestales pueden incluir una variedad de cultivos, árboles y arbustos. Por ejemplo, se pueden combinar árboles frutales con cultivos anuales o perennes. Este enfoque promueve la biodiversidad y puede mejorar la sostenibilidad de la agricultura

El contexto ecológico desempeña un papel fundamental, ya que las diferentes condiciones climáticas, morfo-edafológicas y de vegetación en México influyen en la viabilidad de los sistemas agroforestales. Estos sistemas se pueden encontrar en diversas condiciones, como zonas templadas, zonas áridas y semiáridas, zonas cálido-húmedas y zonas de humedales.

El contexto biocultural es esencial, ya que la cultura y las creencias guían la interacción entre las personas y su entorno. Esto influye en la forma en que se manejan los sistemas agroforestales, desde la elección de especies hasta las prácticas de manejo. Diferentes grupos culturales en México, como los nahua, me'phaa, ñu savi, purhépecha, teenek, ñañú, zapoteco, maya, mestizos y rancheros, tienen cosmovisiones y prácticas de manejo únicas que afectan la composición de los sistemas agroforestales. (Moreno-Calles y Casas. 2013)

De todos los policultivos mencionados, uno de los más importantes a nivel cultural y espiritual en Mesoamérica es la milpa (Turner, 2001; Rude, 2009), (Schneider, 2001). En México, el sistema “milpa” es un método prehispánico de cultivo de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus sp o Vigna unguiculada*) y calabaza (*Cucurbita spp.*) en diferentes arreglos topológicos de espacio y tiempo mediante el uso de variedades locales (Herrera *et al.*, 2005; Blanco y Leyva, 2009). Desde un punto de vista agrícola, la milpa es un ejemplo de policultivo o agricultura diversificada, se cultivan varios cultivos juntos, generalmente maíz, frijol y calabaza. Estos cultivos se siembran en la misma parcela y crecen interactuando de manera benéfica entre sí. En un sistema sostenible porque aprovecha al máximo los recursos disponibles y reduce la dependencia de fertilizantes químicos y pesticidas. También es eficiente en términos de agua y energía. La diversidad en una milpa puede ayudar a reducir la presión de plagas y enfermedades, ya que las plagas específicas de una planta pueden ser menos propensas a propagarse en un entorno diversificado (Rosset, 1997).

Monocultivos

Los monocultivos, son sistemas agrícolas donde se cultiva una sola especie de planta en una parcela de tierra para maximizar la eficiencia del cultivo. Este tipo de cultivo conlleva a la eliminación de la mayoría de las especies nativas de la zona y la reducción de la biodiversidad, lo que a menudo implica el uso intensivo de insumos agrícolas como fertilizantes, pesticidas y riego. Esta forma de agricultura se ha vuelto común en muchas partes del mundo debido a su eficiencia en la producción a gran escala y a su facilidad de manejo (Aguirre-Méndez, 2017).

Los monocultivos suelen ser más fáciles de manejar en términos de siembra, cosecha y aplicación de prácticas agrícolas específicas. La uniformidad de las plantas facilita la gestión. En condiciones óptimas, un monocultivo puede alcanzar una alta producción específica de un cultivo en particular, lo que puede ser beneficioso para la rentabilidad a menudo son más compatibles con la maquinaria agrícola, lo que puede aumentar la eficiencia y reducir los costos laborales para los agricultores con recursos limitados o menos experiencia, cultivar un solo cultivo puede ser más sencillo y requerir menos conocimientos técnicos; tienden a producir cosechas con mayor uniformidad en términos de calidad y características específicas del cultivo (Borlaug, 2000; Aresvik, 2001)

Sin embargo, es importante destacar que, si bien los monocultivos tienen estos beneficios, también presentan desafíos y riesgos importantes, como la mayor vulnerabilidad a plagas y enfermedades, la degradación del suelo debido a la pérdida de biodiversidad y la dependencia de un solo cultivo para los ingresos; pérdida de hábitats naturales por la necesidad de grandes extensiones de tierra y la reducción de la diversidad genética de cultivos.

En México, los principales monocultivos ocupan una parte significativa de la superficie sembrada. Seis cultivos en particular son destacados, abarcando aproximadamente el 58% de la superficie cultivada. Estos son:

Maíz grano blanco, con una extensión de 6.7 millones de hectáreas. Sorgo grano, que ocupa 2.2 millones de hectáreas. Frijol, con 1.9 millones de hectáreas dedicadas a su cultivo. Café, que abarca 762,000 hectáreas, Caña de azúcar, con 752,000 hectáreas. Trigo grano, que se cultiva en 695,000 hectáreas. Esta concentración en unos pocos cultivos es notable, y aunque algunos expertos han mencionado la posibilidad de expandir la frontera agrícola a unos 31 millones de hectáreas, no han proporcionado evidencia clara sobre la sostenibilidad económica y el impacto ambiental de tal expansión (Torres-Torres y Rojas-Martínez, 2018).

Es relevante destacar que la degradación de los suelos en México es un problema significativo. Un 35% de la superficie nacional degradada está relacionada con actividades agrícolas y ganaderas (un 17.5% cada una), mientras que el 7.4% restante se atribuye a la pérdida de la cubierta vegetal. Esto se suma a otros factores, como la urbanización, la sobreexplotación de la vegetación y las actividades industriales. A pesar de la diversidad de suelos en el país, el 63% de ellos muestra algún grado de deterioro, y solo una parte minoritaria no parece sufrir degradación aparente y continúa siendo apta para actividades productivas sostenibles. Este problema de degradación del suelo es un desafío importante para la agricultura y la sostenibilidad ambiental en México (Cruz *et al.*, 2007)

Importancia de la fauna entomológica en agroecosistemas

Los cultivos, como cualquier ecosistema albergan una gran diversidad de insectos. Al tener una mayor diversidad de plantas en un policultivo, se brinda un mayor número de nichos ecológicos para los insectos. Esto atrae a una variedad de especies, incluidos polinizadores, depredadores, parasitoides y otros insectos benéficos, que encuentran alimento y refugio en el sistema agrícola. Estos insectos desempeñan roles importantes en la polinización de los cultivos, el control natural de plagas y el mantenimiento de la salud del ecosistema agrícola. En contraste, los monocultivos tienden a tener una menor diversidad de plantas y recursos disponibles, lo que limita la variedad de hábitats y alimentos disponibles para los insectos.

Esto puede llevar a una disminución de la diversidad entomológica, ya que algunas especies pueden no encontrar las condiciones adecuadas para sobrevivir y reproducirse en un monocultivo (Herrera *et al.*, 2005).

Dentro de la fauna importante en los agroecosistemas, tanto monocultivos como policultivos, hay dos órdenes de insectos que son considerados de importancia agrícola por el daño que ocasionan: el orden Coleóptera, principalmente por sus estados larvales, conocidos como: gallinas ciegas; y el orden Lepidoptera, principalmente larvas de la familia Noctuidae, que son clasificadas como fitófagos defoliadores de hojas (Machado-Escobar, 1992).

Varios estudios han demostrado que el ataque de plagas es menor en los policultivos que en monocultivos, por ejemplo, en un estudio realizado en soya, se demostró que el ataque en monocultivo fue de 37 larvas por planta, sin embargo, en policultivo solo alcanzaron 16 larvas por planta (Machado-Escobar, 1992). Incluso se ha demostrado que en monocultivos de mayor área, rodeado por vegetación natural hay una mayor diversidad de enemigos naturales como parasitoides (Orozco-Peón *et al.*, 2019).

En general, la entomofauna tiene una mayor diversidad en policultivos que en monocultivos; lo que puede explicarse con la hipótesis del enemigo (Root, 1973), que predice que el incremento de la abundancia de los insectos predadores y parasitoides en asociaciones de plantas ricas en especies, lo que lleva a un mejor control de la población de herbívoros (Machado-Escobar, 1992). También puede explicarse por la hipótesis de “Concentración de Recursos”, que propone que la mayor cantidad de plantas hospedantes presentes en monocultivo permiten una rápida colonización y reproducción de la plaga; por ende, hay menor posibilidad que un insecto dañino colonice y más posibilidades que abandone su hospedante, si la planta a atacar está sembrada en policultivo que en monocultivo (Alonso *et al.*, 2011).

Entomofauna de maíz

Particularmente, los cultivos de maíz pueden ser afectados por una variedad de plagas, como el gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), el barrenador del tallo (*Diatraea* spp.), pulgones (*Aphis* spp.), entre otros. También pueden albergar una diversidad de insectos

benéfico como depredadores y parasitoides, que se alimentan de las plagas. Estos incluyen mariquitas, crisopas, avispas parasitoides y arañas. La presencia de estos insectos benéficos puede influir en la regulación natural de las plagas y ayudar a mantener un equilibrio en el ecosistema del cultivo. El maíz es una planta que depende en gran medida de la polinización para su reproducción. Por lo tanto, los cultivos de maíz pueden atraer una variedad de polinizadores, como abejas, moscas y mariposas. Estos insectos desempeñan un papel crucial en la transferencia de polen y la formación de los granos de maíz. Además de las plagas y los polinizadores, los cultivos de maíz también pueden albergar una variedad de otras especies entomológicas, como escarabajos, saltamontes, chinches y arañas. Estas especies pueden tener diferentes interacciones con el maíz y desempeñar diversos roles en el ecosistema del cultivo (Smith *et al.*, 2022)

Hipótesis

En los policultivos se espera una menor incidencia de fitófagos y mayor diversidad de enemigos naturales, ya que se ha descrito que a mayor riqueza vegetal habrá una mayor diversidad de parasitoides y depredadores, al haber mayor oferta de recursos como hospederos, alimento, refugio, zonas de incubación.

Objetivos

Objetivos generales

Evaluar la diversidad funcional de la entomofauna presente en policultivos y monocultivos de maíz.

Objetivos específicos

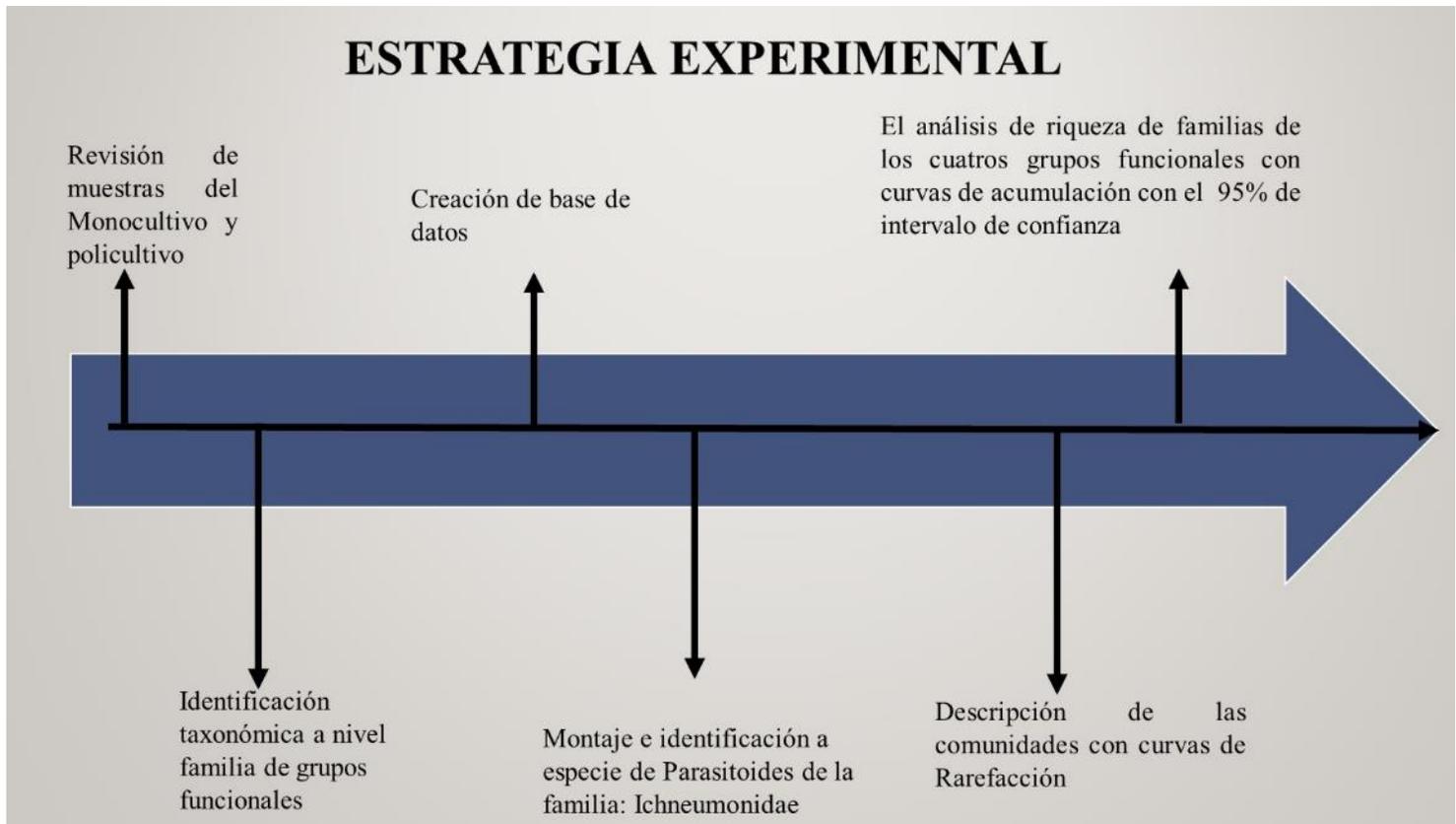
Determinar las familias de insectos que se presentan en los dos tipos de cultivos.

Describir la composición de grupos funcionales de las comunidades en ambos agroecosistemas.

Analizar los gremios que conforman las comunidades de insectos para cada tipo de cultivo.

Comparar la estructura de los gremios que caracterizan los monocultivos policultivos.

Procedimiento experimental.



Literatura citada

- Aguirre-Méndez, S. (2017). Policultivos y silvopastoreo como estrategias agroecológicas de productores familiares en Colonia Gestido <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/8887>
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación: *Ecosistemas*, 16(1). Recuperado a partir de <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/133>
- Altieri, M. A, Susanna Hecht. S. Liebman, M, Magdoff, F. Richard Norgaard, y Thomas O. Sikor (1999) *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*, Editorial Nordan–Comunidad, ISBN (Nordan): 9974-42-052-0, <https://agroeco.org/wp-content/uploads/2010/10/Libro-Agroecologia.pdf>
- Bernardino Hernández, Héctor Ulises, Mariaca Méndez, Ramón, Nazar Beutelspacher, Austreberta, Álvarez Solís, José David, Torres Dosal, Arturo, & Herrera Portugal, Crispín. (2017). Percepciones del uso de plaguicidas entre productores de tres sistemas agrícolas en Los Altos de Chiapas, México. *Acta universitaria*, 27(4), 19-34. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1188>
- Borlaug N, Narvaez I, Aresvik O, Anderson G. (2001) A green revolution yields a golden harvest, *Columbia Journal of World Business*. <http://www.ask-force.org/web/Organic/Borlaug-GreenRevolution-1969.pdf>

Blanco, Y., & Leyva, Á. (2009). Las arvenses y su entomofauna asociada En El cultivo del maíz (*Zea mays*, L.) posterior al periodo crítico de competencia. *Cultivos tropicales*, 30(1), 00–00. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362009000100008&script=sci_arttext

Contreras, R., & Sebastián, J. (2013). Evaluación de la calidad del suelo en un agroecosistemas orgánico de hortalizas y un agroecosistema convencional de papa en el municipio de Guasca, Cundinamarca. Pontificia Universidad Javeriana

Cepeda-Pizarro J, Christian-González A, Christian-Zuleta RC, & Pizarro-Araya, J. (2013). Comparación de la eficiencia de trampas Barber y Malaise para el estudio de la biodiversidad de Hexapoda de vegas altoandinas. *Idesia (Arica)*, 31(4), 103-109. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292013000400014>

Cruz, C., C. Balboltin, F. Paz, J. Etchevers y P. Krasilnikov. (2007) variabilidad Morfogenética de los Suelos de México y su relación con el Modelo Fisiográfico Nacional. XVII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. León Guanajuato. México. 17 al 21 de septiembre de 2007. Disponible en: www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/06/22/68351.

Erskine, P, Lamb, D., & Bristow, M. (2006). Tree species diversity and ecosystem function: Can tropical multi-species plantations generate greater productivity? *Forest Ecology and Management*, 233(2-3), 205–210. doi: 10.1016/j.foreco.2006.05.013

Ebel, R., Pozas Cárdenas, J. G., Soria Miranda, F., & Cruz González, J. (2017). Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Terra Latinoamericana: organo científico de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo*, A.C, 35(2), 149. <https://doi.org/10.28940/terra.v35i2.166>

Elvira, A. (2021). Primavera Silenciosa PDF COMPLETO EN ESPAÑOL. https://www.academia.edu/48878387/Primavera_Silenciosa_PDF_COMPLETO_EN_ESPA%C3%91OL

INEGI (2021). División Geoestadística municipal y aspectos geográficos. https://inegi.org.mx/contenidos/app/areasgeograficas/resumen/resumen_31.pdf

González G, Marcos T, Castellanos, L, Rojas, J. (2015). Empleo de policultivos para el manejo de plagas en el maíz (*Zea mays* L.). 10.13140/RG.2.2.17884.18568.

Genesis. (2017). Alimentos transgénicos: seguridad, implicaciones éticas e impacto socioeconómico. <https://www.revista-portalesmedicos.com/revista-medica/alimentos-transgenicos-seguridad/>

Gliessman, S. R., Rosado-May, F. J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V. E., Cohen, R., Trujillo, L., Bacon, C., & Jaffe, R. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas: revista científica y técnica de ecología y medio ambiente*, 16(1). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/134>

Gliessman, Stephen R., Guadarrama-Zugasti, C., Mendez, V. E., Trujillo, L., Bacon, C., & Cohen, R. (s/f). “AGROECOLOGÍA: UN ENFOQUE SUSTENTABLE DE LA AGRICULTURA ECOLÓGICA”. Ucm.es. Recuperado el 25 de octubre de 2023, de [https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/5.%20Agroecolog%C3%ADa.%20Un%20enfoque%20sustentable%20de%20la%20agricultura%20ecol%C3%B3gica%20\(%20Stephen%20Gliessman%20et%20al.\).pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-104576/5.%20Agroecolog%C3%ADa.%20Un%20enfoque%20sustentable%20de%20la%20agricultura%20ecol%C3%B3gica%20(%20Stephen%20Gliessman%20et%20al.).pdf)

Kelty, MJ. (2006). The role of species mixtures in plantation forestry. *Forest Ecology and Management*, 233(2-3), 195–204. doi: 10.1016/j.foreco.2006.05.011

10.1016/j.foreco.2006.05.011

Kogut P. (2018) Monocultivo En La Agricultura: Pros Y Contras EOS Data Analytics, <https://eos.com/es/blog/monocultivo/>

Moreno, M., & Valentina, L. (2021). Grupos funcionales de insectos y su relación con tres hábitats con diferente disturbio, en la Reserva Agroecológica Santa Librada y zonas de influencia, Líbano, Tolima. *Biología*.

Mulubrhan Balehegn, Lars O Eik & Yayneshet Tesfay (2014): Silvopastoral system based on *Ficus thonningii*: an adaptation to climate change in northern Ethiopia, *African Journal of Range & Forage Science*, DOI: 10.2989/ 10220119.2014.942368

Mesmin, X, Maret, M, Vincent M., Daniel L, Gardin P, Raitif J, Le-Ralec, A. (2021). Biological control at work: demonstrating the complementary effects of natural enemies on two contrasting pests and the damage they cause. *Journal of Pest Science*. doi:10.1007/s10340-021-01426-8 10.1007/s1034, DOI: 10.1080/0967087021000043111

Moreira X, & Mooney KA. (2013) Influence of plant genetic diversity on interactions between higher trophic levels. *Biol Lett* 9: 20130133. <http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2013.0133>

Moreno-Calles A, Toledo V, y Casas A. (2013) Los sistemas agroforestales tradicionales de México: Una aproximación biocultura. *Bot. sci* vol.91 no.4 México dic. 2013 <https://www.scielo.org.mx/pdf/bs/v91n4/v91n4a1.pdf>

Nicholls, C. I., & Altieri, M. A. (2019). Bases agroecológicas para la adaptación de la agricultura al cambio climático. *UNED Research Journal*, 11(1), 55–61. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-42662019000100055

Ponce, N. L. (2013). Evaluación de la calidad del suelo en un agroecosistema orgánico de hortalizas y un agroecosistema convencional de papa en el municipio de guasca, cundinamarca Pontificia Universidad Javeriana Facultad de Estudios Ambientales y Rurales Carrera de Ecología Trabajo]. Bogotá, Colombia.

Pozas-Cárdenas, E, Soria-Miranda J, & Cruz-González, J. (2017). Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Terra Latinoamericana*, 35(2), 149-160. Recuperado en 19 de octubre de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792017000200149&lng=es&tlng=es.

Rodríguez-Mota, AJ, Ruíz-Cancino E, Ivanovich-Khalaim A, Coronado-Blanco JM & Treviño-Carreón J. (2015). Diversidad de Ichneumonidae (Hymenoptera) en un bosque de Pinus spp. y Juniperus flaccida en Jaumave, Tamaulipas, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 86(4), 972-980.

Rosset, P. M. (1997). la crisis de la agricultura convencional, la sustitucion de insumos, y el enfoque agroecológico. Revista CLADES Recuperado el 28 de octubre de 2023, de <https://doctoradoagroecoudea.files.wordpress.com/2013/03/sustinsumos.pdf>

Pech-Ku, E.M. (2019). La diversidad de maíz, frijol y calabaza en la milpa maya de Xoy, Peto, Yucatán. Repositorioinstitucional.mx. Recuperado el 25 de octubre de 2023, de https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/1510/1/PCB_M_Tesis_2019_Elia_Mar%C3%ADa_Ku_Pech.pdf

Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batáry, P., ... & Westphal, C. (2012). Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. Biological reviews, 87(3), 661-685. doi: 10.1111/j.1469-185X.2011.00216.x.

Torres-Torres F y Rojas-Martínez A (2018). Suelo agrícola en México: Retrospección y Prospectiva para la Seguridad Alimentaria. Realidad, datos y espacio revista internacional de estadística y geografía. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/sitios/rdebeta/rde_26a/RDE26_06.pdf

Van der Sluijs, J. P., & Vaage, N. S. (2016). Pollinators and global food security: The need for holistic global stewardship. *Food Ethics*, 1(1), 75–91. <https://doi.org/10.1007/s41055-016-0003-z>

Vargas-Hernández, J. G. (2005). El impacto económico y social de los desarrollos recientes en las políticas agrícolas y rurales e instituciones en México. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 2(2), 97–122. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-54722005000200001

Vista de Agroecología: Principios para la conversión y el rediseño de sistemas agrícolas. (2020). *Revistas.um.es*. Recuperado el 25 de octubre de 2023, de <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300741/216161>

**CAPITULO II: DIVERSIDAD DE ENTOMOFAUNA EN
POLICULTIVOS Y MONOCULTIVOS DE ESPECIES TROPICALES
EN CULTIVO DE MAÍZ, TROPICALES YUCATÁN, MÉXICO**

Ignacio, Cuéllar-Beristain¹, Arturo, Reyes-Ramírez ¹, Jorge, Leandro-Leirana
Alcocer ², Alejandra, González-Moreno ^{1*}

¹Tecnológico Nacional de México/Campus Conkal, Conkal, México

²Campus de Ciencias Biológicas y Agropecuarias UADY/ Campus Plan de
Ayala III, Mérida, México

*Autor para correspondencia: Alejandra González-Moreno
(alejandra.gonzalez@itconkal.edu.mx)

Resumen

Los sistemas de cultivos agrícolas pueden ser; a) monocultivos, que consisten en una sola especie de planta cultivada en grandes extensiones de terreno, lo que limita la diversidad de hábitats y recursos disponibles para los insectos; b) policultivos, que proporcionan un hábitat más diverso y complejo de recursos vegetales. La entomofauna presente en ambos sistemas agrícolas cumplen diferentes funciones con impactos tanto benéficos y como perjudiciales en la salud y en el rendimiento de los cultivos. El conocimiento de la fauna es importante para identificar fitófagos presentes y plagas potenciales que disminuyen el rendimiento al alimentarse de diferentes partes de las plantas, o ser transmisores de enfermedades. Es importante determinar la fauna benéfica, como los enemigos naturales de dichas plagas, ya que el conocimiento de la diversidad entomológica puede utilizarse como una herramienta para evaluar la calidad ambiental de los cultivos. El objetivo de este trabajo fue evaluar la diversidad funcional de la entomofauna presente en policultivos y monocultivos de maíz. Para lo cual se colocaron seis trampas Malaise de agosto a octubre de 2022 en un monocultivo ubicado en el municipio de Tetiz-y un policultivo de maíz en Nolo en Yucatán, México. Se recolectaron un total de 14, 026 individuos representados en 65 familias, de las cuales, la más abundante fue la familia Muscidae, saprófagos de hábitos solitarios y colonias con actividad diurna. En ambos sitios se identificaron un total de cuatro grupos funcionales: depredadores, fitófagos, parasitoides y saprófagos, de los cuales, el más abundante fueron los fitófagos con un total de 3381 individuos en policultivos y 2259 individuos en monocultivos. Cabe resaltar que en policultivo se presentó un individuo de la familia Fulgoridae, de hábitos fitófagos, que es poco común,—en la Península de Yucatán, lo que refleja que los policultivos son hábitats que pueden albergar una mayor diversidad de insectos, incluso de especies raras.

Palabras clave: diversidad, abundancia, policultivos, entomofauna, grupos funcionales

Abstract

Agricultural crop systems can be a) monocultures, which consist of a single species of plant cultivated in large areas of land, which limits the diversity of habitats and resources available for insects; b) Polycultures, which provide a more diverse and complex habitat of plant resources. The entomofauna present in both agricultural systems fulfill different functions with beneficial and harmful impacts on the health and performance of the crops. The knowledge of fauna is important to identify present phytophages and potential pests that decrease performance by feeding on different parts of the plants, or being transmitting diseases. It is important to determine the beneficial fauna, such as the natural enemies of these pests; since knowledge of entomological diversity can be used as a tool to evaluate the environmental quality of crops. The objective of this work was to evaluate the functional diversity of entomofauna present in polycultures and corn monocultures. For which six Malaise traps were placed from August to October 2022 in a monoculture located in the municipality of Tetiz, Yucatan and a corn polyculture in Nolo, Yucatan. A total of 14, 026 individuals represented in 65 families were collected, of which the most abundant was the Muscidae family, saprophages of solitary habits and colonies with daytime activity. In both sites, a total of four functional groups were identified: predators, phytophages, parasitoids and saprophages, of which the most abundant were fitophages with a total of 3381 individuals in polycultures and 2259 individuals in monocultures. It should be noted that in polyculture there was an individual from the Fulgoridae family, of fitophagous habits, which is rare, especially in the Yucatan peninsula, which reflects that the polycultures are habitats that can house a greater diversity of insects, even of rare species