

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



**PROSPECCION DE INSECTOS CON POTENCIAL DE
CONTROLADORES BIOLÓGICOS DE PLAGAS EN
AGROECOSISTEMAS.**

POR:

BERTA ANDREA ORELLANA CAMPOS

SUSAN ESTEFANI PEREZ BURGOS

San Salvador, Ciudad Universitaria, Febrero 2025

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL**



**PROSPECCION DE INSECTOS CON POTENCIAL DE
CONTROLADORES BIOLÓGICOS DE PLAGAS EN
AGROECOSISTEMAS**

POR:

BERTA ANDREA ORELLANA CAMPOS

SUSAN ESTEFANI PÉREZ BURGOS

San Salvador, Ciudad Universitaria, Febrero 2025

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

Ing. Agr. MSc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL:

Lic. PEDRO ROSALIO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE CIENCIAS ÁGRÓNOMICAS

DECANO:

Ing. Agr. MAECE. NELSON BERNABE GRANADOS ALVARADO

SECRETARIO

Ing. Agr. MSc. EDGAR GEOVANY REYES MELARA

JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN VEGETAL

Ing. Agr. M.C. RICARDO ERNESTO GÓMEZ ORELLANA

DOCENTES DIRECTORES

Ing. Agr. MSc. ANDRES WILFREDO RIVAS FLORES

Ing. Agr. LEOPOLDO SERRANO CERVANTES

COORDINADOR GENERAL DE PROCESOS DE GRADUACIÓN

Ing. Agr. M. C. RAFAEL ANTONIO MENJÍVAR ROSA

RESUMEN

Con el propósito de reconocer la presencia de insectos con potencial de control biológico en agroecosistemas de la Estación Experimental y de Prácticas, Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, se seleccionaron seis agroecosistemas: pastizales, mango (*Mangifera indica*), sorgo (*Sorghum* spp), forestales, jocote (*Spondias* spp) y cacao (*Theobroma cacao*). La investigación se desarrolló durante los meses de junio hasta noviembre de 2023. Para la selección de las áreas se realizó una caracterización agroecológica de cada agroecosistema. Para el muestreo en cada agroecosistema se trazaron cinco transectos de 20 m cada uno, modificándose de acuerdo al tipo de vegetación. Todas las muestras fueron recolectadas con una red entomológica, almacenadas en bolsas y luego trasladadas al laboratorio de Protección Vegetal, para la identificación de las familias entomófagas. El análisis de los datos incluyó la determinación de la riqueza biológica y la alfa diversidad por medio del índice Shannon. Los resultados mostraron que el cultivo de jocote (*Spondias* spp), presentó la mayor diversidad, con 22 familias de insectos con potencial de control biológico. Además, los agroecosistemas de jocote (*Spondias* spp) y forestales mostraron una mayor similitud en cuanto a las familias entomófagas presentes. Sin embargo, el análisis de Shannon reveló que todos los agroecosistemas presentaron una baja diversidad.

Palabras clave: Enemigos naturales, Artrópodos, Biocontroladores.

ABSTRACT

In order to recognize the presence of insects with biological control potential in agroecosystems of the Experimental and Practical Station of the Faculty of Agronomic Sciences of the University of El Salvador, six agroecosystems were selected: pastures, mango (*Mangifera indica*), sorghum (*Sorghum spp*), forestry, jocote (*Spondias spp*) and cocoa (*Theobroma cacao*). The research was carried out during six months, from June to November 2023. For the selection of the areas, an agro-ecological characterization of each agro-ecosystem was carried out. For the sampling in each agroecosystem, five transects of 20 m each were drawn, modified according to the type of vegetation. All samples were collected with an entomological net, stored in bags and then transferred to the Plant Protection laboratory for identification of the entomophages families. Data analysis included the determination of biological richness and alpha diversity using the Shannon index. The results showed that the jocote (*Spondias spp*) crop had the highest diversity, with 22 insect families with biological control potential. In addition, the jocote (*Spondias spp*) and forest agroecosystems showed the greatest similarity in terms of the entomophages families present. However, Shannon's analysis revealed that all agroecosystems showed low diversity.

Keywords: Natural enemies, Arthropods, Biocontrollersh.

AGRADECIMIENTOS

SUSAN

A Dios, por darme salud y protección todos estos años de mi vida.

A mis padres, Luisa Ethelvina y José Rolando, por su inquebrantable apoyo, amor, consejos, esfuerzos y sacrificios que han hecho a lo largo de toda mi carrera universitaria, a mis hermanos Luis Rolando y Otto Valdemar, que a pesar de nuestras diferencias sus apoyos y buenos deseos siempre están en mi corazón.

A mis primas, Jaqueline Victoria y Andrea Sofía, que ambas son, fueron y serán no solo familia, sino unas grandes amigas que están ahí cuando uno más lo necesitan.

A mi compañera de Tesis, Berta Andrea, que fue ella la que se acercó a mí con la idea de realizar una tesis, sin saber en ese momento sería el inicio de todo este proceso que no me arrepiento de vivir.

A todos mis amigos, que de diferentes formas me apoyaron no solo en este proceso académico, sino que estuvieron conmigo a lo largo de toda mi carrera universitaria, también a esos amigos con los que no se tiene el mismo contacto, decirles que ellos han hecho que toda mi experiencia universitaria sea una etapa que nunca voy a olvidar.

A mis tutores de tesis, Ing. Agr. MSc Andrés Rivas y al Ing. Agr Leopoldo Serrano, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su guía a lo largo de este proyecto. Por su paciencia, consejos y conocimientos que fueron fundamentales para este trabajo. Cada una de sus sugerencias y observaciones no solo mejoraron este documento, sino que también me ayudaron a crecer lo cual siempre les voy agradecer.

Al Departamento de Protección Vegetal, por brindarme no solo un espacio físico, sino también un entorno acogedor y propicio para el desarrollo de este trabajo. Agradezco a todos los docentes y personal que me ofrecieron su apoyo, conocimientos y la oportunidad de trabajar en un ambiente que fomentó mi crecimiento académico, profesional y personal.

A la Estación Experimental y de Practicas, lugar donde llevé a cabo mi investigación. A todos los trabajadores y al equipo de ingenieros que me brindaron su tiempo, conocimientos y apoyo incondicional, gracias por hacer que mi trabajo en el campo fuera una experiencia enriquecedora.

A la Facultad de Ciencias Agronómicas, por haberme brindado la formación académica, los recursos y el apoyo necesario para llevar a cabo este trabajo, por las oportunidades de aprendizaje, investigación y crecimiento personal que me ofrecieron, las cuales fueron fundamentales para la realización de esta tesis.

AGRADECIMIENTOS.

ANDREA

Principalmente le agradezco a Dios, por darme la sabiduría para culminar mis estudios con éxito y de no dejarme en mis días más difíciles.

A mi mamá Norma Orellana por brindarme su apoyo, comprensión y amor a lo largo de mi carrera, heredándome el tesoro más valioso.

A mis abuelos Adela de Orellana y Ovidio Orellana, por apoyarme y cuidarme a lo largo de mi vida, porque cada mañana que mi abuelo iba a dejarme a la Universidad y por la tarde pasaba por mi sin dudarlo, porque al llegar a mi casa mi abuela me tenía mi comida y le podía hablar de mis problemas, por eso y más estoy agradecida de mis seres de luz.

A mis tíos Johnny Orellana, Edwin Orellana y Kania Orellana, que a pesar de la distancia han estado para mí en mis momentos más difíciles desde mi infancia hasta el día de ahora.

A mis asesores Ing. Agr. Leopoldo Serrano y Msc. Ing. Agr. Andrés Rivas, que nos han tenido paciencia a lo largo de este trabajo, además estoy agradecida por sus consejos que nos han brindado para nuestro futuro.

A mi amiga y compañera de tesis Susan Pérez, por su amistad en estos últimos años y por tenerme paciencia en los momentos de crisis que hemos pasado a lo largo de este trabajo.

A mi mejor amiga Rachel Hernández, por brindarme su amistad a lo largo de estos veinte años y por ser mi apoyo en todo momento.

A mis amigos que han estado a lo largo de mi carrera, que me han demostrado su apoyo y cariño, haciendo mi vida universitaria inolvidable.

Al Departamento de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas, que nos han apoyado y por brindarnos su conocimiento para crecer como profesionales.

A las autoridades de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas, por su apoyo en cada visita y por brindarnos la información necesaria para el reconocimiento de los Agroecosistemas de la estación.

DEDICATORIA

SUSAN

A Dios, por darme paciencia y sabiduría en cada momento que he pasado realizando este proceso académico.

A mis padres, Luisa Ethelvina y José Rolando, que su amor incondicional, su ejemplo de esfuerzo y dedicación, y su constante apoyo en cada etapa de mi vida han sido la base sobre la cual he construido mis logros. Gracias por enseñarme el valor del trabajo duro, la perseverancia y por estar siempre a mi lado, brindándome fuerza y confianza para seguir adelante. Este logro es tanto mío como de ustedes, porque sin su guía y su cariño, este camino habría sido mucho más difícil. Con todo mi amor, les dedico este logro que es reflejo de todo lo que me han dado.

A mis hermanos, Luis Rolando y Otto Valdemar, por ser parte de mi vida y de mi historia. Aunque el camino que hemos recorrido juntos ha tenido sus retos, siempre han estado presentes de una u otra manera.

A mis primas Jacqueline Victoria y Andrea Sofía, quienes han sido como hermanas para mí. Su apoyo, su alegría contagiosa y su cariño incondicional han sido una fuente constante de motivación en mi vida. Este logro es también de ustedes, porque su amor y compañía han sido fundamentales en este camino.

A mi compañera de tesis Berta Andrea, por incluirme en este proceso que voy a recordar toda mi vida. Gracias por compartir conmigo las largas horas de trabajo, los desafíos, los enojos y las satisfacciones que surgieron en el camino. Este logro es tanto tuyo como mío, porque juntas enfrentamos cada obstáculo y celebramos cada pequeño avance. Ha sido un honor y un privilegio compartir este proceso contigo.

A mis tutores de tesis, Ing. Agr. MSc Andrés Rivas y al Ing. Agr Leopoldo Serrano, por su invaluable guía y apoyo a lo largo de este camino. Su paciencia, sabiduría y dedicación fueron fundamentales para la realización de esta tesis. Gracias por compartir conmigo su tiempo, sus conocimientos y sus consejos, y por confiar en mi capacidad para llevar este proyecto a buen término. Sin su acompañamiento y orientación, este logro no habría sido posible.

DEDICATORIA

ANDREA

Primero que nada, a Dios por darme la sabiduría impartida y la perseverancia en los momentos difíciles y por su apoyo para lograr mis objetivos.

A mi mamá Norma Orellana, por ser la persona que me ha dado su amor y apoyo incondicional en toda mi carrera estudiantil, por su esfuerzo para sacarme adelante sola y es por eso que la he admirado como madre.

A mis abuelos Adela de Orellana y Ovidio Orellana que siempre estuvieron para mí, apoyándome de diferentes maneras desde que estaba pequeña han sido seres de luz en mi vida.

A mi bisabuela Q.D.D.G. María Emma Campos, que a lo largo de mi carrera siempre la tuve presente a pesar que ya no estaba con nosotros, pero fue muy importante en mi infancia y hoy en día es un ángel en mi vida.

A mis tíos Johnny Orellana, Edwin Orellana y Kania Orellana, que les tengo un gran respeto, porque a pesar de la distancia me han brindado su apoyo, consejos y amor a lo largo de mi carrera.

A mi amiga y compañera Susan Pérez, por brindarme su amistad y su apoyo incondicional a lo largo de este trabajo.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii
INDICE GENERAL.....	vii
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	2
2.1. IMPORTANCIA DE LA DIVERSIDAD VEGETAL EN AGROECOSISTEMAS	2
2.2. INTERACCIONES DENTRO DE LOS AGROECOSISTEMAS.....	3
2.3. INFLUENCIA ANTROPOGENICA SOBRE LOS AGROECOSISTEMAS	4
2.4. ECOSISTEMAS EN ACCIÓN: LA IMPORTANCIA DE LAS REDES TRÓFICAS	5
2.5. CADENAS TRÓFICAS: EL CAMINO DE LA ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS .	5
2.6. ELEMENTOS DE LA CADENA TROFICA	6
2.7. ENEMIGOS NATURALES EN AGROECOSISTEMAS	6
2.8. FUNCION DE LOS ENEMIGOS NATURALES EN LA DINÁMICA POBLACIONAL DE INSECTOS.....	8
2.9. INDICES DE BIODIVERSIDAD	9
2.9.1 RIQUEZA BIOLOGICA	10
2.9.2. ÍNDICE DE SHANNON-WIENER (ALFA).....	10
2.9.3. INDICE DE SORENSEN (BETA).....	10
2.10. ANÁLISIS DE LA INFORMACION.....	11
2.10.1. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	11
2.10.2. ANÁLISIS POR CONGLOMERADOS.....	12
3. MATERIALES Y METODOS.....	13
3.1. METODOLOGIA DE CAMPO	13
3.1.1. Localización del lugar de estudio	13
3.1.2. Caracterización de los agroecosistemas.....	13
3.1.3. Metodología para los muestreos.....	14
3.2. METODOLOGIA DE LABORATORIO	17
3.2.1. Limpieza de las muestras	17
3.2.2. Separación de órdenes y familias.....	17
3.2.3. Reconocimiento de familias benéficas.....	18
3.3. METODOLOGIA PARA EL ANALISIS DE LOS DATOS.....	18

3.3.1.	Análisis de la biodiversidad alfa.	19
3.3.2.	Análisis de la biodiversidad beta.	19
3.3.3.	Análisis general.	19
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
	COMPARACIÓN DE LOS INDICES DE RIQUEZA Y SHANNON DE AGROECOSISTEMAS (GENERAL)	21
	COMPARACIÓN DE LOS INDICES DE RIQUEZA Y SHANNON DE AGROECOSISTEMAS (ENTOMOFAGOS)	23
	DIAGRAMAS DE VENN PARA COMPARAR SIMILITUD DE PARES DE AGROECOSISTEMAS CON BASE A LA RIQUEZA DE FAMILIAS DE INSECTOS ENTOMOFAGOS	25
	INDICE DE SORENSEN	26
	ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES Y ANALISIS DE CONGLOMERADOS DE INSECTOS EN AGROECOSISTEMAS.	27
	ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES Y ANALISIS DE CONGLOMERADO DE INSECTOS CON POTENCIAL DE CONTROLADORES BIOLÓGICOS EN AGROECOSISTEMAS.	28
	DIAGRAMA DE VENN PARA COMPARAR RIQUEZA GENERAL DE FAMILIAS DE ARTRÓPODOS EN CUATROS GRUPOS SEGÚN EL ANALISIS DE CONGLOMERADOS	29
	DIAGRAMA DE VENN PARA COMPARAR SIMILITUD DE PARES DE AGROECOSISTEMAS CON BASE A LA RIQUEZA DE FAMILIAS DE INSECTOS ENTOMOFAGOS EN TRES GRUPOS SEGÚN EL ANALISIS DE AGRUPAMIENTO	31
5.	CONCLUSIONES	32
6.	RECOMENDACIONES	33
7.	BIBLIOGRAFIA	34
8.	ANEXOS	39

INDICE FIGURAS

Figura 1:	Ejemplo Ilustrado de las interacciones dentro de un ecosistema.	3
Figura 2:	Ejemplo de una interacción humano-ecosistema.	4
Figura 3:	Ejemplo de una cadena alimentaria.	6
Figura 4:	Elementos de una cadena trófica.	6
Figura 5:	Ecuación Índice de Shannon-Wiener.	10
Figura 6:	Formula de índice de similaridad de Sorensen.	11
Figura 7:	Mapa Geográfico de la Estación Experimental y de Prácticas señalando los lugares donde se realizó la toma de muestras.	13
Figura 8:	Áreas de Potreros de la Estación Experimental.	14
Figura 9:	Áreas de Cultivo Anual (Sorgo)	14
Figura 10:	Áreas de Mango	14
Figura 11:	Área del Cacao.	14
Figura 12:	Área del Jocote.	14

Figura 13: Área de Forestales.....	14
Figura 14: Cuadro de 1m ² que se hizo en cada extremo del transecto.....	15
Figura 15: Trazo del transecto con cinta métrica.....	15
Figura 16: Observación de los insectos que están presentes en el suelo.....	15
Figura 17: Observación de la presencia de malezas.....	15
Figura 18: Diseño espacial para los Agroecosistemas Frutales y Forestales.....	16
Figura 19: Muestras con su respectiva información.....	16
Figura 20: Trazo del Transecto de 20 metros en area.....	16
Figura 21: Proceso de toma de muestra, 30 pasos de red.....	16
Figura 22: Muestra tomada en el Agroecosistema Jocote.....	17
Figura 23: Instrumento que se usaron para limpiar la muestra.....	17
Figura 24: Separación de insectos según sus órdenes y familias.....	18
Figura 25: Cajas entomológicas que usadas como referencia	18
Figura 26: Espécimen encontrado en la familia de los Chalcididae.....	18
Figura 27: Espécimen encontrado en la familia de los Chrysopidae.....	18
Figura 28: Comparación de los Índices de Riqueza y Shannon de los Agroecosistemas.....	21
Figura 29: Comparación de los Índices de Riqueza y Shannon en los Agroecosistemas para las familias de insectos Entomófagos	23
Figura 30: Diagramas de Venn para comparar similitud de pares de Agroecosistemas con base a la riqueza de familias de insectos entomofagos.....	26
Figura 31: Análisis de Componentes principales de los órdenes de los insectos encontrados en los Agroecosistemas.....	27
Figura 32: Conglomerados de agroecosistemas den funcion de los oreden de insectos encontrados.....	28
Figura 33: Analisis de Componentes Principales de los ordenes de insectos con pontencial de control Biologico encontrados en los Agroecosistemas	28
Figura 34: Conglomerados de Agroecosistemas en funcion de los Ordenes de insectos con pontencial de controladores Biologicos.....	29
Figura 35: Diagrama de Venn para comparar Riqueza General de familias de artrópodos en cuatro grupos según el análisis de Agrupamiento.....	30
Figura 36: Diagrama de Venn para comparar similitud de pares de agroecosistemas con base a la riqueza de familias de insectos benéficos en tres grupos según el análisis de Conglomerados	31

INDICE ANEXOS

Anexo 1: Riqueza Biologica de los insectos encontrados en los Agroecosistemas	41
Anexo 2: Riqueza de las familias que tienen potencial de ser controladores biológicos encontrados	44
Anexo 3: Caracterización usado para el Agroecosistema Pastizales.....	45
Anexo 4: Caracterización usado para el Agroecosistema Mango.....	45
Anexo 5: Caracterización usado para el Agroecosistema Sorgo.....	46
Anexo 6: Caracterización usado para el Agroecosistema Cacao.....	46
Anexo 7: Caracterización usado para el Agroecosistema Jocote.....	47
Anexo 8: Caracterización usado para el Agroecosistema Forestales.....	47
Anexo 9: Familias de Insectos y Artrópodos encontrados en los Agroecosistemas.....	48

Anexo 10: Porcentajes de familias benéficas y generales en Pastizales.....	51
Anexo 11: Porcentajes de familias benéficas y generales en Mango.....	52
Anexo 12: Porcentajes de familias benéficas y generales en Sorgo.....	53
Anexo 13: Porcentajes de familias benéficas y generales en Forestales.....	55
Anexo 14: Porcentajes de familias benéficas y generales en Jocote.....	57
Anexo 15: Porcentajes de familias benéficas y generales en Cacao.....	60

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Valores para Diagrama de Venn.....	25
Cuadro 2: Similitud de los Agroecosistemas, según el índice de Sorensen.....	27

1. INTRODUCCION

La biodiversidad, juega un papel muy importante en la sostenibilidad de los agroecosistemas, proporcionando servicios ecosistémicos, como por ejemplo el suministro de enemigos naturales para el control de plagas. Por ello, la conservación de la biodiversidad favorece el control biológico en los agroecosistemas, mejorando su funcionamiento y sostenibilidad (Gerben *et al* 2021).

Los enemigos naturales de plagas mantienen sus poblaciones en diferentes agroecosistemas de acuerdo a sus características, en cuanto a la satisfacción de sus recursos vitales. Estos enemigos naturales implican el control biológico, y como estos pueden manipularse para la producción y liberación masiva de parasitoides y depredadores, para controlar insectos plagas de manera respetuosa con el medio ambiente (IAEA 2020). Estos enemigos naturales, que dependen de otras especies para alimentarse o reproducirse, juegan un papel fundamental en la regulación de las dinámicas de la biodiversidad (Mestre y Holt 2018).

Es importante destacar que los insectos pueden ser tanto dañinos como beneficiosos. Así como afectan a la agricultura, también las prácticas agrícolas impactan en las poblaciones de insectos. Junto con el cambio climático y la contaminación lumínica, la expansión e intensificación agrícola son las principales causas del declive de las poblaciones de insectos en todo el mundo (Heinrich 2020). Factores adicionales, como la agricultura intensiva, el uso excesivo de plaguicidas y la aplicación frecuente de herbicidas, también afectan la biodiversidad insectil en los agroecosistemas.

En El Salvador, instituciones como la Universidad de El Salvador, Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal "Enrique Álvarez Córdova" (CENTA), Instituto Salvadoreño de Investigaciones de Café (ISIC) y el Proyecto de Manejo Integrado de Plagas del CATIE, han realizado investigaciones sobre distintas plagas y sus enemigos naturales. Estos estudios, llevados a cabo entre los años 1978 y 1985, sentaron las bases para el análisis de las interacciones entre insectos y cultivos (Quezada 1990). Como continuidad a dichas investigaciones, este estudio tiene como objetivo determinar la presencia de insectos que tienen potencial de ser controladores biológicos para el control de plagas en los agroecosistemas de la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. IMPORTANCIA DE LA DIVERSIDAD VEGETAL EN AGROECOSISTEMAS

La diversidad de insectos en el mundo es asombrosa, con más de un millón de especies conocidas distribuidas globalmente. En el contexto de los agroecosistemas, esta diversidad juega un papel crucial, aunque a menudo subestimado. Según Rincón y Souza (2010), solo el 3% de estas especies se comporta como plaga, mientras que el 97% restante constituye la fauna auxiliar. Dentro de este grupo beneficioso, destaca un 35% representado por enemigos naturales de las plagas, incluyendo diversas especies de insectos depredadores y parasitoides, mientras que el 62% restante cumple otras funciones vitales en el ecosistema.

Esta riqueza biológica no ha pasado desapercibida para la comunidad científica. Como señalan García y Angulo (2008), citando a Altieri (2006), los investigadores reconocen cada vez más el papel fundamental que desempeña la biodiversidad en el funcionamiento de los agroecosistemas. Estos sistemas no solo producen alimentos, sino que también proporcionan una amplia gama de servicios ecológicos. Este reconocimiento ha impulsado la búsqueda de alternativas para el desarrollo agrario que permite obtener producciones estables de alimentos de manera armoniosa con el medio ambiente, subrayando la importancia de preservar y potenciar la diversidad biológica en los entornos agrícolas.

La importancia de la diversidad biológica en los agroecosistemas se hace evidente al analizar los desafíos que enfrentan los monocultivos. García y Angulo (2008), citando a Nicholls *et al* (1999), señalan que la escasez de organismos benéficos en los cultivos, representan un problema significativo. Cuando surgen plagas en estos sistemas, los enemigos naturales carecen de las condiciones ambientales necesarias para multiplicarse, debido en gran parte a las prácticas culturales empleadas. Esta situación debilita la acción de los controladores biológicos naturales, dejando los cultivos más vulnerables a las infestaciones.

Por otro lado, numerosos estudios en agricultura han documentado ampliamente los efectos positivos de la diversidad vegetal en los agroecosistemas para reducir las explosiones de plagas herbívoras y patógenos. García y Angulo (2008), destacan que los cultivos en asocio no solo obtienen un mayor rendimiento por unidad de área en comparación con los monocultivos, sino que también requieren menos uso de agroquímicos. Este enfoque protege el medio ambiente, la salud del productor y del consumidor, ofreciendo una alternativa más sostenible.

Altieri y Nicholls (2000a) subrayan que la biodiversidad promueve una variedad de procesos de renovación y servicios ecológicos en los agroecosistemas. La pérdida de esta diversidad puede

conllevar costos significativos. Fundamentalmente, el comportamiento óptimo de los sistemas de producción agrícola depende del nivel de interacciones entre sus diversos componentes, resaltando la importancia de mantener y fomentar esta complejidad ecológica.

Frente a estos desafíos, Nicholls (2008) propone la necesidad de una estrategia alternativa basada en principios ecológicos para maximizar los beneficios de la biodiversidad en la agricultura. En este contexto, el control biológico se ha posicionado como un elemento fundamental e indispensable en cualquier estrategia de agricultura sostenible con base agroecológica. Esta aproximación no solo busca controlar las plagas, sino también restaurar y mantener el equilibrio ecológico en los sistemas agrícolas, promoviendo una producción más resiliente y ambientalmente responsable.

2.2. INTERACCIONES DENTRO DE LOS AGROECOSISTEMAS

Los ecosistemas son sistemas complejos que incluyen comunidades biológicas (bióticas) y componentes físicos (abióticos). Estos sistemas tienen una estructura jerárquica: especies que forman poblaciones, las cuales interactúan para constituir comunidades dentro de un ecosistema, y todos los ecosistemas juntos conforman la biosfera. Los organismos dependen de interacciones con otros seres vivos y con su entorno para crecer y reproducirse. Estas interacciones pueden facilitar o limitar el crecimiento poblacional y modificar el ambiente. Los ecosistemas se mantienen por el flujo de energía del sol y el reciclaje de nutrientes. Su dinamismo implica cambios en la composición y en el entorno, afectando la estabilidad del sistema (NOVA, s.f.).

Un ejemplo específico de estas interacciones se encuentra en los agroecosistemas de plantas. En estos sistemas, los componentes abarcan las poblaciones que forman la comunidad biótica, incluyendo el suelo, las plantas cultivadas y no cultivadas, los insectos plaga y benéficos, así como los microorganismos patogénicos y benéficos. Estos componentes (Figura 1), pueden dividirse en subconjuntos que actúan como unidades, denominándose subsistemas del agroecosistema. Los agroecosistemas también pueden recibir entradas externas, como semillas, fertilizantes y lluvia. Todos estos elementos interactúan entre sí, y como resultado de estas interacciones, se produce la cosecha, que constituye la salida del sistema. (Jiménez 2009).

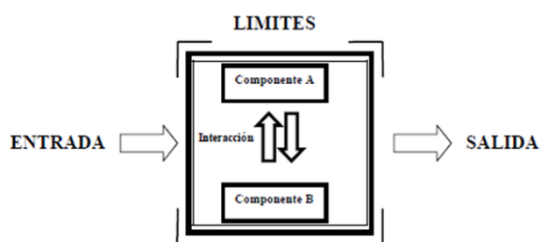


Figura 1: Ejemplo Ilustrado de las interacciones dentro de un ecosistema. Fuente: Jiménez 2009

2.3. INFLUENCIA ANTROPOGENICA SOBRE LOS AGROECOSISTEMAS

Las interacciones directas entre los seres humanos y la naturaleza, en adelante denominadas interacciones humano-naturaleza, han generado un interés creciente por varias razones. En primer lugar, se ha acumulado evidencia de que estas interacciones pueden proporcionar numerosos beneficios para la salud y el bienestar, y desempeñar un papel crucial en el tratamiento de algunas enfermedades crónicas, además de reducir la necesidad de intervenciones farmacológicas. En segundo lugar, la sociedad es cada vez más consciente y teme las consecuencias negativas de ciertas interacciones humano-naturaleza, como los ataques de grandes carnívoros, el envenenamiento por animales venenosos, las colisiones entre animales salvajes y vehículos, y el riesgo de zoonosis transmitidas por vectores (Soga 2020).

Los seres humanos afectan al sistema terrestre a través de procesos como la generación de emisiones y la alteración de la superficie terrestre para la agricultura o la urbanización. Por su parte, los cambios en el sistema terrestre, como el aumento de las temperaturas y los fenómenos meteorológicos extremos, afectan a sistemas humanos como nuestra capacidad para producir energía y la agricultura (PNNL s.f.).

Existe un reconocimiento generalizado sobre la importancia de las interacciones directas entre las personas y la naturaleza (Figura 2), no solo para la salud y el bienestar humano, sino también para el futuro de la biodiversidad, dado el impacto que estas interacciones tienen en las actitudes y comportamientos hacia el entorno natural. Irónicamente, este reconocimiento ha aumentado en un período en el que, para gran parte de la población mundial, estas interacciones se han vuelto cada vez más escasas. No obstante, junto con los avances metodológicos, esta disminución ha facilitado en cierta medida la caracterización y el estudio de las interacciones directas entre los seres humanos y la naturaleza (Soga 2020).

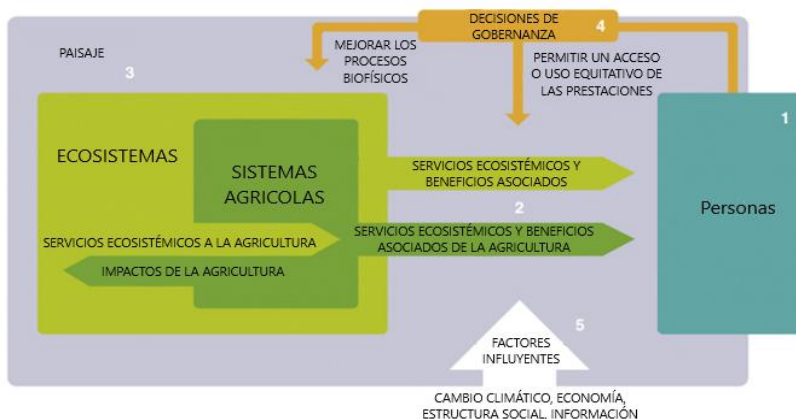


Figura 2: Ejemplo de una interacción humano-ecosistema. Fuente: Adaptado de DeClerck et al 2016

2.4. ECOSISTEMAS EN ACCIÓN: LA IMPORTANCIA DE LAS REDES TRÓFICAS

Las interacciones tróficas, fundamentales en la ecología, se definen como relaciones alimentarias donde una especie consume a otra. Estas interacciones adquieren especial relevancia cuando benefician a los seres humanos, convirtiéndose en servicios ecosistémicos. Un ejemplo ilustrativo es el papel de las aves rapaces en el control de roedores, potenciales amenazas para cultivos valiosos. Los servicios ecosistémicos derivados de estas interacciones son el resultado de una compleja red de efectos directos e indirectos, tanto descendentes como ascendentes. Whelan *et al.* (2008), destacan que muchos de los servicios proporcionados por las aves están vinculados a sus comportamientos de búsqueda de alimento.

La dinámica poblacional está intrínsecamente ligada a la trama trófica en la que se insertan los organismos. Jaksic y Marone (2007), citando a Polis *et al.* (2000), subrayan que las redes tróficas son fundamentales para conceptualizar comunidades y ecosistemas, ya que caracterizan los patrones de interacción entre especies. Además, como señalan Jaksic y Marone (2007), citando a Schindler *et al.* (1997), estas redes son cruciales para comprender el flujo de energía y materia en los ecosistemas.

El impacto de las interacciones tróficas en una comunidad, ya sean directas o indirectas, está condicionado por la escala en la que se detectan los recursos. Morgan *et al.* (1997) enfatizan que la escala espacial de la respuesta funcional de las especies consumidoras juega un papel determinante en este proceso. Esta perspectiva multi-escala enriquece nuestra comprensión de cómo las interacciones tróficas moldean la estructura y función de los ecosistemas.

2.5. CADENAS TRÓFICAS: EL CAMINO DE LA ENERGÍA EN LOS ECOSISTEMAS

En ecología, una cadena alimentaria o cadena trófica es una secuencia de organismos en la que cada uno se alimenta del anterior (Figura 3), permitiendo que la energía y los nutrientes fluyan de uno a otro. Sin embargo, no siempre es posible describir completamente la dieta de un organismo mediante una simple vía lineal. Para representar estas situaciones más complejas, se utiliza una red trófica, que está compuesta por múltiples cadenas alimentarias entrelazadas. Esta red refleja las diversas fuentes de alimento de un organismo y, al mismo tiempo, muestra de qué otros organismos pueden ser presa (Riken 2020).

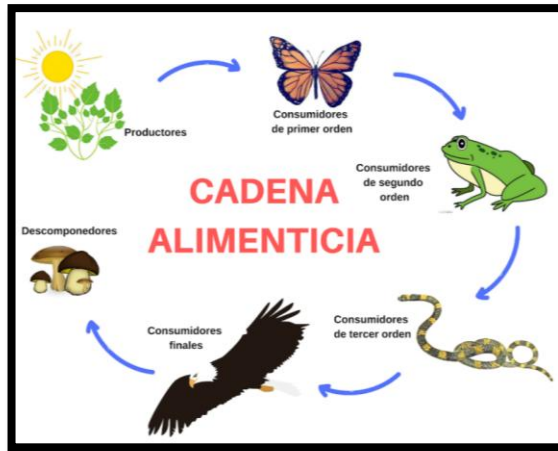


Figura 3: Ejemplo de una cadena alimentaria. Fuente: Riken 2020

2.6. ELEMENTOS DE LA CADENA TROFICA

Las redes alimentarias en los ecosistemas se estructuran en niveles tróficos, que representan las diferentes etapas en el flujo de energía y nutrientes. Sapkota (2023), describe esta organización jerárquica comenzando con los productores, que ocupan el primer nivel trófico (Figura 4). Estos organismos, principalmente plantas y algunos microorganismos, son capaces de sintetizar su propio alimento. Les siguen varios niveles de consumidores, cada uno alimentándose del nivel inferior, creando una cadena de transferencia energética. En la cúspide de esta pirámide trófica se encuentran los depredadores ápice, que no tienen depredadores naturales en su ecosistema y juegan un papel crucial en el mantenimiento del equilibrio ecológico.

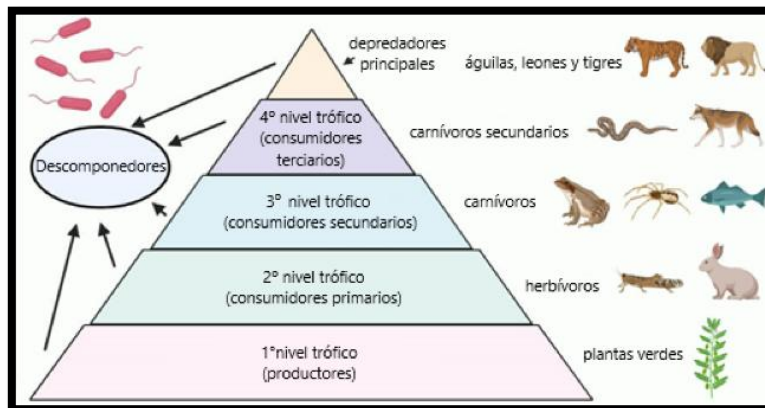


Figura 4: Elementos de una cadena trófica. Fuente: Adaptado de Sapkota 2023

2.7. ENEMIGOS NATURALES EN AGROECOSISTEMAS

Los enemigos naturales juegan un papel crucial en la regulación de las poblaciones de plagas potenciales. Stoner (2004), destaca cómo este equilibrio ecológico se ha evidenciado repetidamente cuando el uso indiscriminado de plaguicidas ha diezmando a estos enemigos naturales. Como consecuencia, insectos que anteriormente tenían poca relevancia económica se han convertido en plagas significativas al verse libres del control natural. Por el contrario, la implementación de métodos no tóxicos para controlar plagas clave, junto con la reducción del

uso de plaguicidas, ha demostrado aumentar la supervivencia de los enemigos naturales, disminuyendo así el impacto de plagas secundarias.

Stoner (2004), clasifica los enemigos naturales de las plagas de insectos en tres categorías principales:

1. **Depredadores:** Incluyen tanto vertebrados insectívoros como insectos y otros artrópodos depredadores. Estos últimos son particularmente efectivos en el control biológico debido a su ciclo de vida más corto y su capacidad para ajustar rápidamente sus poblaciones en respuesta a cambios en la densidad de sus presas. Entre los insectos depredadores más relevantes se encuentran las mariquitas, los escarabajos de tierra, las chinches depredadoras, las crisopas y las moscas planeadoras. Las arañas y ciertos ácaros también desempeñan un papel importante en este grupo.
2. **Parasitoides:** Son insectos cuyas larvas se desarrollan sobre o dentro de un único insecto hospedador, eventualmente causando su muerte. Los adultos, que viven libremente, pueden ser depredadores o alimentarse de recursos como néctar o polen. Debido a su alta especialización y adaptación a sus hospedadores, la identificación precisa de especies es crucial para su efectivo uso en control biológico.
3. **Patógenos:** Esta categoría incluye bacterias, hongos, protozoos y virus que causan enfermedades en los insectos. Estos patógenos pueden reducir la tasa de alimentación y crecimiento de las plagas, afectar su reproducción o incluso causar su muerte. Adicionalmente, ciertas especies de nematodos, junto con sus simbiosis bacterianos, pueden ser letales para los insectos bajo condiciones ambientales específicas.

El control biológico se presenta como una alternativa sostenible y económicamente viable a largo plazo. Según la EPA (sf), este método es particularmente eficaz en áreas extensas o de difícil acceso, y representa la forma menos perjudicial de controlar malas hierbas e insectos plaga durante períodos prolongados. Sin embargo, es importante notar que el control biológico raramente elimina por completo una plaga, sino que la mantiene en niveles manejables. Por lo tanto, generalmente se recomienda una estrategia de manejo integrado que combine diversos métodos de control.

2.8. FUNCIÓN DE LOS ENEMIGOS NATURALES EN LA DINÁMICA POBLACIONAL DE INSECTOS

La diversidad en los Agroecosistemas juega un papel fundamental en la estabilidad de las poblaciones de insectos. Altieri y Nicholls (2000b), sugieren que cuanto más diverso es un Agroecosistema y menos alterada está su diversidad, más se desarrollan los nexos tróficos, promoviendo sinergias que estabilizan las poblaciones de insectos. Sin embargo, esta estabilidad no depende únicamente de la diversidad trófica, sino también de la respuesta dependiente de la densidad en los niveles tróficos superiores. En esencia, la estabilidad está ligada a la precisión con la que cada nivel trófico responde al incremento poblacional en un nivel inferior.

Para lograr una regulación biótica efectiva, la clave no radica en una colección aleatoria de especies, sino en una diversidad selectiva y funcional dentro del agroecosistema. Varios factores contribuyen a la regulación de plagas en agroecosistemas diversificados:

- a) Aumento de poblaciones de parasitoides y depredadores debido a una mayor disponibilidad de alimentos alternativos y hábitats.
- b) Reducción en la colonización y reproducción de plagas.
- c) Inhibición de la alimentación de plagas mediante repelentes químicos de plantas no atractivas.
- d) Prevención del movimiento y aumento de la emigración de plagas.
- e) Sincronización óptima entre enemigos naturales y plagas.

La adopción de prácticas agrícolas más sostenibles beneficia tanto al medio ambiente como a la salud humana. Nakei *et al.* (2022), proponen el control biológico de conservación como una alternativa viable. Esta estrategia puede regular las poblaciones de enemigos naturales de los artrópodos mediante interacciones multitróficas, estableciendo un equilibrio entre las plagas y sus enemigos naturales.

Un componente clave de los paisajes que apoyan a las poblaciones de enemigos naturales son los hábitats no cultivados y ricos en biodiversidad vegetal, como los márgenes de los campos que ofrecen néctar, polen, refugio y hospedadores alternativos a las comunidades de enemigos naturales, por lo tanto, proporcionan apoyo para aumentar sus poblaciones y mejorar los beneficios agrícolas sostenibles. La presencia de hábitats no agrícolas que rodean o están dentro de las tierras de cultivo se ha asociado con el aumento de enemigos naturales de los artrópodos plaga al proporcionar recursos florales, sosteniendo así sus poblaciones (Nakei *et al* 2022).

2.9. INDICES DE BIODIVERSIDAD

La biodiversidad desempeña un papel crucial en la sostenibilidad de los recursos naturales y la resiliencia de los ecosistemas. Altos niveles de biodiversidad no solo garantizan un funcionamiento óptimo de los ecosistemas, sino que también proporcionan una mayor capacidad de respuesta frente a presiones externas como incendios, enfermedades y plagas. Además, esta diversidad biológica facilita una mejor adaptación a los cambios ambientales, incluyendo el cambio climático y las alteraciones en el uso del suelo provocadas por la actividad humana (Ferriol y Merle 2012).

En el contexto de la gestión de recursos naturales, el conocimiento detallado de la biodiversidad es fundamental. Identificar las zonas de mayor riqueza biológica, las especies que las componen y su abundancia relativa es esencial para diseñar e implementar políticas de conservación efectivas. Sin embargo, como señalan Ferriol y Merle (2012), la estimación de la biodiversidad es una tarea compleja debido a la multitud de conceptos que abarca.

Para abordar esta complejidad, Ferriol y Merle (2012) proponen un marco conceptual que divide la biodiversidad a nivel de paisaje en tres componentes interrelacionados:

- **Alfa-diversidad:** Se refiere a la biodiversidad intrínseca de cada comunidad vegetal específica dentro del paisaje. Este componente mide la riqueza de especies dentro de un hábitat o ecosistema particular.

Carmona-Galindo y Carmona (2013), explican que los índices de Fisher, el índice de Simpson y el índice de Shannon-Wiener, son índices que se utilizan para medir alfa-diversidad

- **Beta-diversidad:** Representa la tasa de cambio en la composición de especies entre comunidades vegetales adyacentes. Este componente refleja la heterogeneidad del paisaje, indicando cuán diferentes son las comunidades entre sí.

Carmona-Galindo y Carmona (2013), explican que los índices de Jaccard y el índice de Sorensen, son índices que se utilizan para medir la Beta-diversidad

- **Gamma-diversidad:** Engloba la diversidad total de un paisaje, integrando tanto la alfa-diversidad como la beta-diversidad. Este componente proporciona una estimación de la variedad total de especies en una zona determinada, considerando todas las comunidades presentes.

2.9.1 RIQUEZA BIOLÓGICA

La biodiversidad, un concepto fundamental en ecología, ha sido definida de manera similar por diversos autores. Melic (1993), la describe como el número de especies de fauna y flora diferentes presentes en un determinado espacio (ecosistema, biotopo o superficie) en un periodo de tiempo específico. De manera complementaria, Cruz *et al* (2017), ofrecen una definición más concisa, refiriéndose a la biodiversidad o diversidad biológica como el número de especies presentes en una localidad o región dada.

Estos autores hacen especial énfasis en los trópicos, señalando que estas regiones albergan la mayor biodiversidad del planeta. Ambas definiciones combinan la idea central de la biodiversidad como una medida de la variedad de formas de vida en un área determinada, proporcionando una base sólida para el estudio y la conservación de la riqueza biológica en diversos ecosistemas.

2.9.2. ÍNDICE DE SHANNON-WIENER (ALFA)

Este índice, que procede de la teoría de la información, es el más ampliamente empleado, ya que considera tanto la riqueza en especies como su abundancia, al emplear una escala logarítmica. Varía de 0 (cuando hay solo una especie) y $\ln S$ (Ferriol y Merle 2012).

Del Rey (2021), detalla los componentes de la ecuación (Figura 5):

- S – Número de especies
- p_i – Proporción de individuos de cada especie respecto al total: n_i/N
- n_i – Número de individuos de la especie
- N – Número de individuos de todas las especies
- H' – Resultado de la ecuación que normalmente varía entre 0,5 y 5. Menor a 2 es bajo y superior a 3 es alto en relación con la biodiversidad

$$H' = - \sum_{i=1}^S (p_i)(\ln p_i)$$

Figura 5: Ecuación Índice de Shannon-Wiener. Fuente: Ferriol y Merle 2012

2.9.3. INDICE DE SORENSEN (BETA)

El índice de similitud de Sorensen mide la superposición entre dos poblaciones tomando el cociente del número de especies compartidas entre las dos poblaciones, en relación con el número de especies en ambas poblaciones. El índice varía entre cero (sin superposición) y uno

(superposición perfecta). Está estrechamente relacionado con el índice de similitud de Jaccard. (Sadee *et al* 2013).

Badii *et al* (2007), detallan los componentes de la ecuación (Figura 6):

- IS_S : Índice de semejanza de Sorensen
- C: Número de especies comunes en ambas comunidades
- A: Número total de especies presentes en la comunidad A
- B: Número total de especies presentes en la comunidad B.

$$IS_S = [2c/(A+B)]100$$

Figura 6: Formula de índice de similaridad de Sorensen. Fuente Badii et al 2007

2.10. ANALISIS DE LA INFORMACION

Para analizar la información recopilada en este estudio, se utilizaron dos técnicas estadísticas multivariantes ampliamente empleadas en investigaciones ecológicas y ambientales: el análisis de componentes principales (ACP) y el análisis de conglomerados (AC). El ACP es una herramienta que permite reducir la dimensionalidad existente en un conjunto de datos, identificando las variables que explican la mayor parte de la variabilidad en los datos. Esta técnica es especialmente útil para revelar patrones ocultos y relaciones entre las diferentes variables medidas (XLSTAT s.f.).

Por otro lado, el AC es un método de clasificación cualitativo que agrupa los elementos en grupos o conglomerados (clusters) basados en sus similitudes. Este análisis ayuda a identificar posibles agrupaciones naturales dentro de los datos, lo cual puede aportar información valiosa sobre la estructura y organización de los sistemas ecológicos estudiados (Fernández 2011).

2.10.1. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

XLSTAT (sf), explica que el análisis de componentes principales es uno de los métodos de análisis de datos multivariantes más utilizados, ya que permite investigar conjuntos de datos multidimensionales con variables cuantitativas. Tiene varios usos, entre ellos:

- El estudio y visualización de las correlaciones entre variables para poder limitar el número de variables a medir posteriormente;

- La obtención de factores no correlacionados que son combinaciones lineales de las variables iniciales para poder utilizar estos factores en métodos de modelización como la regresión lineal, la regresión logística o el análisis discriminante.
- Visualizar las observaciones en un espacio bidimensional o tridimensional para identificar grupos uniformes o atípicos de observaciones.

Se utilizó para determinar que variables dentro de cada agroecosistemas son determinantes para la mayor o menor presencia de controladores biológicos

2.10.2. ANÁLISIS POR CONGLOMERADOS.

El Análisis Cluster, conocido como Análisis de Conglomerados, es una técnica cualitativa multivariante que busca agrupar elementos (o variables) tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos. El Análisis Cluster es una técnica descriptiva, atórica y no inferencial. El Análisis Cluster no tiene bases estadísticas sobre las que deducir inferencias estadísticas para una población a partir de una muestra, es un método basado en criterios geométricos y se utiliza fundamentalmente como una técnica exploratoria, descriptiva pero no explicativa. (Fernández 2011). Se utilizó para determinar afinidad de taxones a los diferentes agroecosistemas estudiados.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. METODOLOGIA DE CAMPO

3.1.1. Localización del lugar de estudio

La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental y de Prácticas de la Facultad de Ciencia Agronómicas de la Universidad de El Salvador, en el periodo de Junio a Noviembre de 2023, la cual está ubicada en el Cantón Tecualuya, municipio de La Paz Oeste, distrito de San Luis Talpa, con una elevación aproximadamente de 50 msnm, con coordenadas geográficas 13°28'3" Latitud Norte, -89°05'8" Longitud (Figura 7).

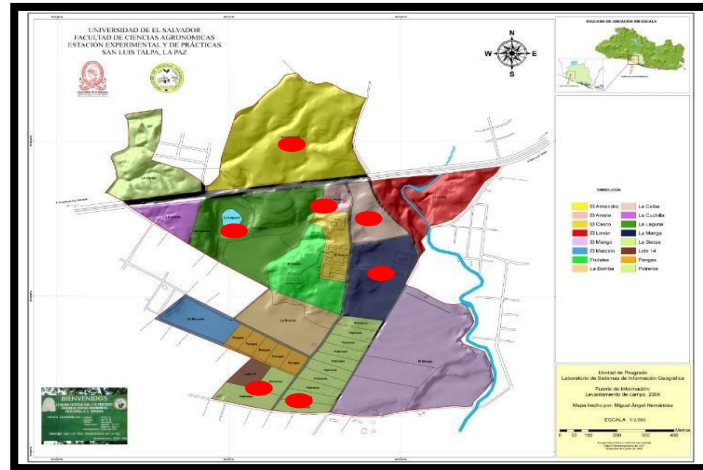


Figura 7: Mapa Geográfico de la Estación Experimental y de Prácticas señalando los lugares donde se realizó la toma de muestras Fuente: Cortesía Ing. Agr. Luis Alas

3.1.2. Caracterización de los agroecosistemas

Se realizaron dos visitas a la Estación Experimental y de Prácticas, donde se llevó a cabo recorridos con los asesores y el director de la Estación, con el fin de identificar los sitios de estudio de en los siguientes agroecosistemas: pastizales (Ver Figura 8), sorgo (*Sorghum spp*) (Figura 9), mango (*Mangifera indica*) (Figura 10), cacao (*Theobroma cacao*) (Figura 11), jocote (*Spondias spp*) (Figura 12) y forestales (Figura 13). Al finalizar el recorrido, se llevó a cabo una entrevista con el director y los demás encargados para obtener información sobre el manejo agronómico de los Agroecosistemas en la estación experimental. Durante estas actividades, se utilizaron cuadros descriptivos que contenían las características generales y específicas de los cultivos en estudio (Anexo 3, 4, 5, 6, 7, 8). Se tomaron en cuenta factores importantes, la fenología de cada cultivo y cómo la influencia de estos factores podría afectar la presencia de insectos.



Figura 8: Áreas de Potreros de la Estación Experimental. Fuente: Cortesía Ing. Agr. Luis Alas



Figura 9: Áreas de Cultivo Anual (Sorgo). Fuente: Cortesía Ing. Agr. Luis Alas



Figura 10: Áreas de Mango. Fuente: Cortesía Ing. Agr. Luis Alas



Figura 11: Área del Cacao. Fuente: Cortesía Ing. Agr. Luis Alas



Figura 12: Área del Jocote. Fuente: Cortesía Ing. Agr. Luis Alas

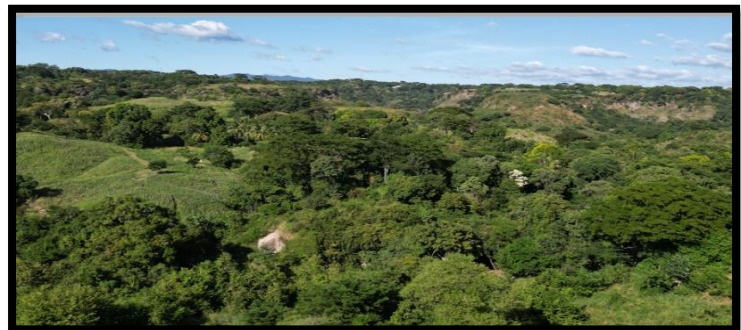


Figura 13: Área de Forestales. Fuente: Cortesía Ing. Agr. Luis Alas

3.1.3. Metodología para los muestreos

Se realizó una visita semanal en un periodo de seis meses a la Estación Experimental para recolectar muestras de insectos presentes en los agroecosistemas donde se tomaron muestras de insectos presentes en los agroecosistemas en estudio, utilizando diferentes procedimientos de acuerdo al sitio de muestreo. Para el muestreo en pastizales, se seleccionaron cuatro potreros 7, 9, 13-14 y La Laguna. A los extremos de cada transecto se colocaron cuadros de muestreo de 1x1 metro, sumando un total de 40 m² de área muestreada y 400 metros de transectos entre los cuatro potreros (Figura 14 y 15). En cada transecto, se realizaron 30 barridos con una red entomológica, mientras que en los cuadros de muestreo se hizo una búsqueda detallada para recolectar insectos y registrar las plantas arvenses presentes (Figura 16 y 17). Los insectos recolectados se almacenaron en bolsas plásticas de cinco libras, a las que se les colocó papel

periódico en el interior para evitar daños en las muestras. Cada bolsa fue rotulada con información relevante, como la fecha, el lugar de recolección y el nombre del recolector.



Figura 14: Cuadro de 1m² que se hizo en cada extremo del transecto.



Figura 15: Trazo del transecto con cinta métrica



Figura 16: Observación de los insectos que estén presentes en el suelo.



Figura 17: Observación de la presencia de malezas.

En el caso de la delimitación de los sitios de muestreo en los frutales (mango, jocote, cacao) y forestales (Figura 18), se consideró el área ocupada por cada especie arbórea. Se marcaron cinco transectos de 20 metros y, de manera perpendicular, se trazó una línea de 10 metros, la cual se dividió en dos segmentos. En los frutales, se muestreó el tercio inferior de la copa de los árboles ubicados en los extremos de cada transecto, mientras que en los forestales se recolectó la vegetación del sotobosque de esa misma área. Con el uso de una red entomológica, y realizando 30 pasos de red, se recolectaron los insectos que estuvieran presentes, los cuales se almacenaron en bolsas plásticas de cinco libras, con papel periódico en su interior para proteger las muestras. Cada bolsa fue rotulada con la información de, fecha, el lugar de recolección y el nombre del recolector (Figura 19). Las muestras de cada especie fueron almacenadas en una

hielera con hielo seco, para evitar daños durante su traslado al laboratorio del Departamento de Protección Vegetal, donde se mantuvieron refrigeradas durante ocho días.

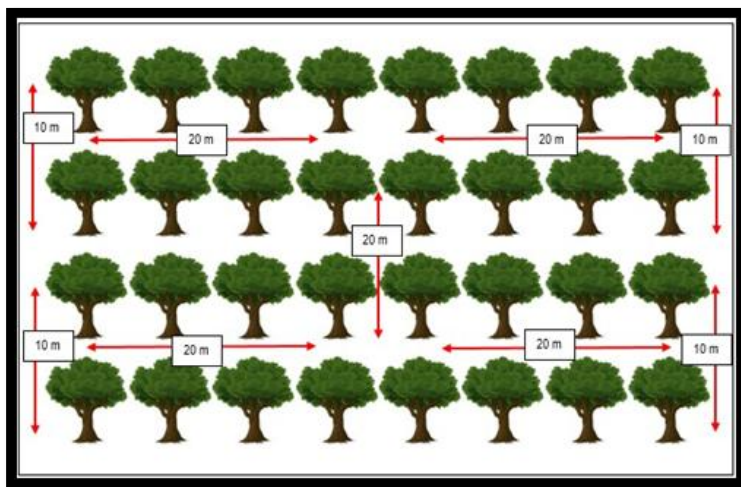


Figura 18: Diseño Espacial para los agroecosistemas frutales y forestales



Figura 19: Muestras con su respectiva información

Con respecto a la delimitación del agroecosistema sorgo (*Sorghum* spp), se seleccionaron cinco sitios donde se trazaban transectos de 20 metros en cada uno (Figura 20). En cada transecto se tomaron muestras de la parte superior y la parte inferior del cultivo, considerando la etapa fenológica en el momento del muestreo. Se realizaron 30 pasos de red por transecto. (Figura 21), y las muestras recolectadas se almacenaron en bolsas plásticas de cinco libras, debidamente etiquetadas con la información necesaria, siguiendo el mismo procedimiento utilizado en los demás agroecosistemas.



Figura 20: Trazo del transecto de 20 metros en el área

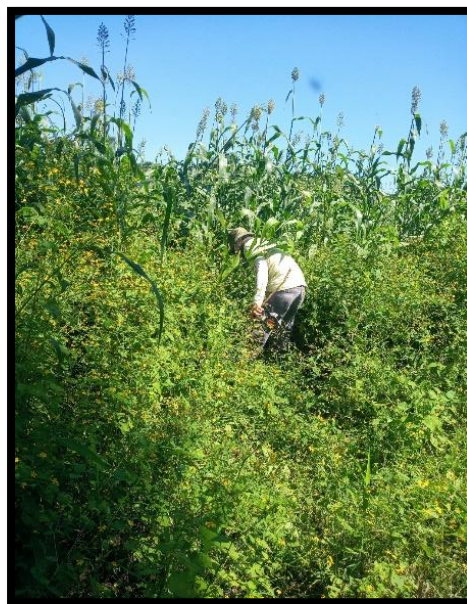


Figura 21: Proceso de toma de muestra, 30 pasos de red:

3.2. METODOLOGIA DE LABORATORIO

3.2.1. Limpieza de las muestras

Para optimizar el proceso de identificación de los insectos recolectados, se procedió a limpiar las muestras, eliminando la hojarasca y otros residuos que dificultaban su reconocimiento (Figura 22). Este proceso fue clave para la clasificación de los insectos. Los materiales utilizados, incluyeron un estereoscopio, que facilitó la observación de los insectos, así como pinceles finos y pinzas, que permitieron la manipulación de los insectos sin dañarlos (Figura 23). Las muestras limpias se depositaron en cajas Petri, las cuales fueron previamente rotuladas con la información correspondiente: fecha de recolección, nombre del recolector, agroecosistema y sitio de muestreo. Este proceso de limpieza y clasificación fue base para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados del estudio.



Figura 22: Muestra tomada en el agroecosistema jocote.

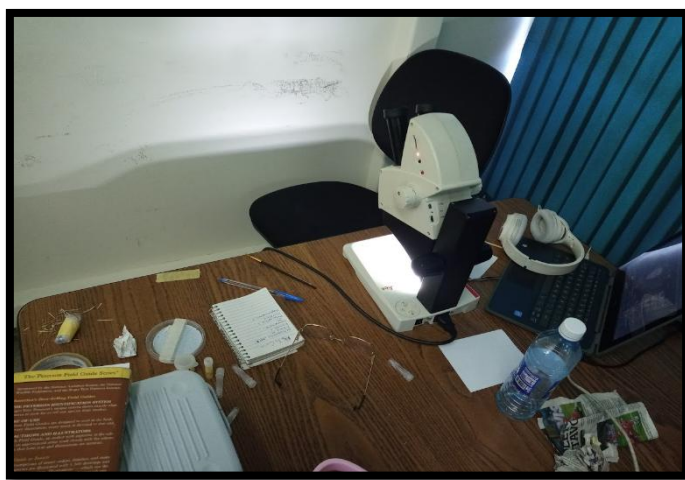


Figura 23: Instrumentos que se usaron para limpiar las muestras

3.2.2. Separación de órdenes y familias

Una vez finalizada la limpieza de las muestras, se procedió a separar los insectos recolectados según sus órdenes y familias, llevando a cabo un conteo de los insectos en cada categoría (Figura 24). La identificación de las familias se realizó con el apoyo de diversas herramientas, incluyendo el uso de claves taxonómicas, consulta con cajas entomológicas pertenecientes a la colección del departamento de Protección Vegetal (Figura 25), literatura especializada en entomología tales como Borror D. 1970, Kaufman K; Eaton E. 2007, claves taxonómicas compiladas en Guía de laboratorio de entomología (Henríquez y Serrano 1984) Johnson N; Triplehorn C. 2004 y consulta a los docentes directores de trabajo de tesis. Este proceso fue crucial para asegurar una correcta clasificación de las especies y para obtener datos precisos sobre la diversidad y abundancia de insectos en los agroecosistemas estudiados.



Figura 24: Separación de Insectos según sus órdenes y familias



Figura 25: Cajas entomológicas que usadas como referencia

3.2.3. Reconocimiento de familias benéficas

Entre las familias de insectos identificadas, se seleccionaron aquellos insectos que tienen el potencial de ser controladores biológicos (Figura 26 y 27). Este proceso se llevó a cabo mediante una revisión de la literatura científica y con la orientación de los asesores, asegurando que las especies seleccionadas fueran efectivas en el control de plagas en los agroecosistemas estudiados.



Figura 26: Especimen encontrado de la familia de los Chalcididae



Figura 27: Especimen encontrado de la familia de los Chrysopidae

3.3. METODOLOGIA PARA EL ANALISIS DE LOS DATOS

Para el análisis de los datos, se utilizaron los conteos de órdenes y familias obtenidos de los diferentes agroecosistemas muestreados. La información se clasificó en dos grupos principales, basados en la biodiversidad presente: Biodiversidad Alfa y Biodiversidad Beta. La diversidad alfa

se refiere a la variedad de especies dentro de un agroecosistema específico, mientras que la diversidad beta compara la diversidad entre diferentes agroecosistemas, esto con el propósito de tener una visión más amplia sobre la distribución y variabilidad de los insectos en los agroecosistemas.

3.3.1. Análisis de la biodiversidad alfa.

- **Riqueza Biológica:** En este análisis, se contabilizaron los datos de los insectos recolectados en los cinco transectos establecidos en campo. Para luego realizar una clasificación detallada de los datos, separando las familias benéficas con el propósito de determinar la riqueza biológica en cada agroecosistema (Anexo 1 y 2). Esto permitió obtener el total de familias identificadas en cada uno de los agroecosistemas en estudio, destacando las que tienen un papel importante en el control biológico, como insectos que tienen el rol de ser entomófagos (Anexo 9).
- **Índice de Biodiversidad Shannon:** Los datos obtenidos sobre la riqueza biológica fueron la base para evaluar la abundancia de las familias identificadas en cada agroecosistema. A partir de estos datos, se determinó si la presencia de dichas familias era significativamente alta o baja, lo que permitió saber sobre la distribución y el equilibrio en los agroecosistemas.

3.3.2. Análisis de la biodiversidad beta.

- **Índice de Biodiversidad (Beta) Sorensen:** Para comparar los insectos benéficos presentes en los diferentes Agroecosistemas, se utilizó el índice de biodiversidad Beta de Sorensen. Este índice permitió medir la similitud entre los agroecosistemas en cuanto a la composición de especies benéficas.

3.3.3. Análisis general.

- **Análisis de componentes principales:** se realizó con el objetivo de evaluar cuáles familias de insectos tienen mayor presencia en los agroecosistemas muestreados. A través de este análisis, se pudo reducir la dimensionalidad de los datos y visualizar de manera más clara cómo se agrupan las diferentes familias de insectos en relación con los agroecosistemas.
- **Análisis de conglomerados:** se realizó con el objetivo de evaluar las diferencias entre los agroecosistemas de forma indirecta, utilizando las familias de insectos presentes en

ellos como criterio de agrupación. Este análisis permitió clasificar los agroecosistemas en grupos según la similitud de las familias encontradas, facilitando la identificación de similitudes entre los datos. A través del dendrograma resultante, se observó cómo algunos agroecosistemas compartían mayor cantidad de familias, mientras que otros se diferenciaban claramente, lo que permitió una visión más estructurada de la biodiversidad en los distintos sistemas estudiados.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

COMPARACIÓN DE LOS INDICES DE RIQUEZA Y SHANNON DE AGROECOSISTEMAS (GENERAL)

Se contabilizó de manera general un total de 3084 insectos, pertenecientes a 12 órdenes, 106 familias. Según la Figura 28, se puede observar que agroecosistemas presentaron una mayor diversidad de familias, en el cual predominó el cultivo de jocote (*Spondias spp*) con una riqueza biológica de 66 familias y con un índice de Shannon de 3.34, que de acuerdo a Baliton *et al* 2020, citando a Fernando *et al.* (1998) da conocer que dentro de los parámetros establecidos se encuentra en una alta diversidad. A diferencia del cultivo de los pastizales donde, solo hubo una presencia de treinta familias de insectos y con un índice de Shannon de 2.25 dando como resultado un valor bajo de diversidad de todos los agroecosistemas en estudio.

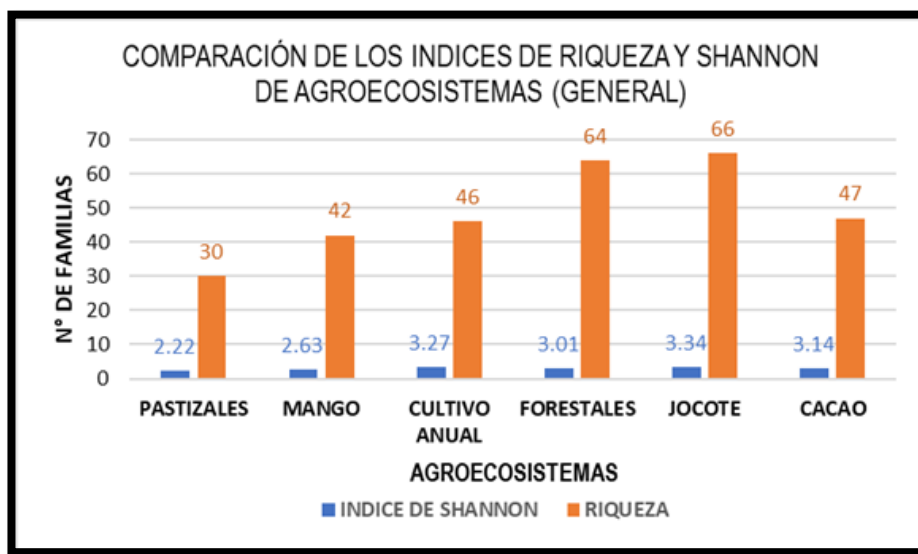


Figura 28: Comparación de los Índices de Riqueza y Shannon de los agroecosistemas

En el cultivo de jocote (*Spondias spp*) se encontraron un total de 66 familias, con un total de 692 insectos, de los cuales 245 insectos benéficos (35.40%) (Anexo 14), obteniendo 15 familias con potencial de controlador biológico. De forma general se puede decir que el orden que tuvo una mayor presencia en este agroecosistema fueron los dípteros con diferentes funciones; esto puede ser debido a muchos factores entre algunos la característica del agroecosistema y las fechas cuando fueron recolectadas las muestras: etapa de prefloración con muy poco follaje, lo que permitía el crecimiento de una gran cantidad de arvenses. Según Iraheta *et al.* (2009), un estudio realizado en el volcán Chinchontepec, San Vicente sobre artrópodos asociados al cultivo de Jocote corona recolectaron un total de 542 organismos de los cuales se comparten en 55 familias diferentes, de las cuales 28 fueron fitófagas y 27 benéficas, cada una de ellas

encontradas en distintas fases fenológicas del cultivo. Esto demuestra que la etapa en que se encuentre el cultivo puede incidir en la presencia de los tipos de insectos mencionados.

A diferencia del cultivo de pastizales se encontraron un total de 30 familias, con 701 especímenes, de los cuales 42 eran insectos benéficos (5.99%) (Anexo 10), obteniendo ocho familias con potencial controlados biológico. De forma general el orden que presento una mayor presencia en este agroecosistema fueron los coleópteros con diferentes funciones. Vale mencionar que este es un agroecosistema que se ve influenciado por la interacción humana, de ganado, luz directa, mayores horas luz y podas constantes. Por la cual, existe una disminución de individuos a comparación de los otros agroecosistemas.

En el agroecosistema de los forestales se contabilizaron 64 familias con un total de 634 especímenes de forma general, se identificó que la familia Cicadellidae del orden Homoptera, fueron los más representativos con 143 especímenes (22.56%) y de las familias que tuvieron una menor presencia fueron Berytidae (Hemiptera), Calliphoridae (Diptera), Delphacidae (Homoptera) y Scolytidae (Coleoptera) siendo un (0.16%) de la población general (Anexo 13).

Con respecto a cultivo de mango (*Mangifera indica*), se contabilizaron 42 familias de las cuales los microdípteros son los que tuvieron una mayor presencia con un total de 88 especímenes (18.03%) de 488 insectos encontrados en este ecosistema, los cuales tienen diferentes funciones. Entre las familias que tuvieron una menor presencia con un individuo de cada una fueron Braconidae (Hymenoptera), Curculionidae (Coleoptera), Miridae (Hemiptera) y Tettigonidae (Orthoptera) siendo un (0.20%) de la población general (Anexo 11).

El cultivo de cacao, dio como resultado un total de 47 familias, con un total de 269 especímenes, de las cuales la familia Dolichopodidae del orden Diptera con un total de 33 insectos (12.3%) fueron los que tuvieron una mayor presencia a diferencia de las familias Acanaloniidae (Homoptera), Coreidae (Hemiptera), Scutelleridae (Coleoptera) que tienen una menor presencia, con un solo individuo, siendo el (0.40%) de la población general (Anexo 15)

Finalizando con el agroecosistema sorgo (*Sorghum spp*), este dio como resultado un total de 46 familias, con un total de 322 especímenes, de las cuales los microdípteros fueron el grupo mayor presencia con un total de 47 insectos (14.60%) a diferencia de las familias Acrididae (Orthoptera), Buprestidae (Coleoptera), Otittidae (Diptera) y Pentatomidae (Hemiptera) que tienen una menor presencia, con un solo individuo, siendo el (0.31%) de la población general (Anexo 12)

Como resultado a lo anterior, se tiene que tomar en cuenta que son seis escenarios diferentes en donde en algunos de ellos como los pastizales y cultivo anual tienen un manejo más continuo a diferencia de los otros cuatro agroecosistemas, por lo cual esto hace que la presencia de insectos de forma general sea muy variada en cada uno de ellos.

COMPARACIÓN DE LOS INDICES DE RIQUEZA Y SHANNON DE AGROECOSISTEMAS (ENTOMOFAGOS)

Se contabilizaron las familias con potencial como controladores biológicos, presentando un total de 30 familias, pertenecientes a ocho órdenes entre los seis agroecosistemas. En la figura 29, muestra los agroecosistemas con su diversidad de familias de insectos. En el cultivo de Jocote (*Spondias spp*) se observó una riqueza de 22 familias y un valor de 0.468 en el índice de Shannon, que de acuerdo a Baliton *et al* 2020 citando a Fernando *et al.* (1998), menciona que dentro de los parámetros establecidos este presenta una baja diversidad y de manera similar a los otros agroecosistemas en estudio.

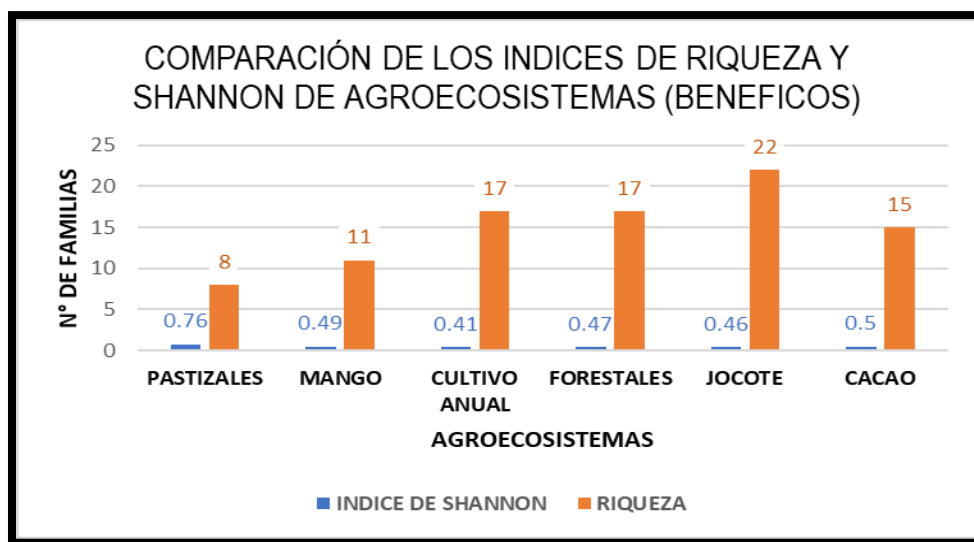


Figura 29: Comparación de los Índices de Riqueza y Shannon en los agroecosistemas para las familias de insectos Entomofagos

En el cultivo de jocote, el cual mostró mayor riqueza, se identificaron un total de 245 insectos con potencial controlador biológico, de los cuales la familia que más predominó fueron los Dolichopodidae del orden Díptera, con un total de 77 especímenes (31.43%) del total de la población, seguidos de los artrópodos Aranea (25.71%) (Anexo 14).

Al efectuar una comparación entre cultivo anual y forestales ambos presentan 17 familias entomofagas. La composición de familias en común es la siguiente: Chalcididae (0.70% en forestales y 3.03% en sorgo); Formicidae (26% en forestales y 13.64% en sorgo); Ambos del

orden Hymenoptera, Dolichopodidae (17.33% en forestales y 10.61% en sorgo); del orden Díptera y Reduviidae (2% en forestales y 0.76% en sorgo) de la orden Hemíptera. (Anexo 12 y 13). Con una diversidad funcional de tres familias depredadores y un parasitoide en común. Hay que tomar en cuenta que son diferentes agroecosistemas, con una interacción de factores ambientales muy distinta entre ellas. En que el cultivo de sorgo hay mayores actividades agrícolas que pueden influir en la presencia de los insectos a diferencia de los forestales que no tienen un manejo continuo. Cabe recalcar que los insectos obtenidos en esta investigación fueron tomados del sotobosque de este agroecosistema.

Según Miranda y Guzman (2020) el menor número de insectos con potencial controlador biológico en el agroecosistema de sorgo (*Sorghum spp*), sugiere que la escasez de depredadores y de otros grupos de insectos benéficos, puede ser una respuesta a las actividades intensivas de la agricultura que se practican, entre las cuales se encuentran la aplicación de insecticidas y herbicidas que disminuyen la diversidad biológica.

Con respecto al agroecosistema del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*), se identificaron un total de 100 especímenes, de las cuales pertenecen a 15 familias con potencial controlador biológico. Donde la familia que tuvo una mayor presencia fue Dolichopodidae con 33 insectos (33%); a diferencia de las familias Chrysopidae (Neuroptera) e Ichneumonidae (Hymenoptera) que representan una menor presencia con (1%) de total de la población de insectos benéficos encontrados en este agroecosistema. (Anexo 15).

En relación a los pastizales se identificaron un total de 42 especímenes, de los cuales pertenecen a siete familias con potencial controlador biológico, en donde la familia Coccinellidae presento una mayor presencia con cuatro insectos (9.52%), cabe recalcar que también se observó la presencia de 27 artrópodos (Aranea, con un 64.29%), representando un papel muy importante en el agroecosistema en estudio. Los que tuvieron una menor presencia fueron los Geocoridae (Hemiptera) y Formicidae (Hymenoptera) con (2.38%) del total de la población de insectos benéficos encontrados en los pastizales. (Anexo 10).

Finalizando con el cultivo de mango (*Mangifera indica*), se identificaron un total de 142 especímenes, de las cuales pertenecen a diez familias con potencial controlador biológico, en donde la familia Formicidae tuvo una mayor presencia con 39 insectos (27.46%), a diferencia de las familias Braconidae (Hymenoptera), Cantharidae (Coleoptera) y Chrysopidae (Neuroptera) con (0.70%) de la población total de insectos benéficos encontrados en el cultivo de mango (*Mangifera indica*). (Anexo 11).

En resumen, en los seis ecosistemas en estudio se encontraron un total de 811 insectos, pertenecientes a 30 familias con potencial controlador biológico, es importante considerar que cada agroecosistema tiene diferente manejo agronómico y que esto influye en la presencia de los insectos.

DIAGRAMAS DE VENN PARA COMPARAR SIMILITUD DE PARES DE AGROECOSISTEMAS CON BASE A LA RIQUEZA DE FAMILIAS DE INSECTOS ENTOMOFAGOS

Con los datos obtenidos de riqueza por familias se realizaron Diagramas de Venn para comparar los agroecosistemas en pares (Figura 30). Cada diagrama indica en su punto donde intersecan el número de familias en común.

Según el rango (Cuadro 1), se puede observar que es “relativamente alta” la similitud entre los agroecosistemas forestal y jocote, con una relación de 12 familias de insectos benéficos con potencial controlador biológico. A diferencia del primer diagrama que son los agroecosistemas pastizales y mango, con una similitud “baja”, al tener en común únicamente cuatro familias con potencial controlador biológico, esto puede ser debido a muchos factores, como el manejo agronómico, donde entra interacción humana y de animales de ganado con respecto a los pastizales, dando un resultado no significativo entre los agroecosistemas. La interacción de los otros 13 diagramas que se pueden observar en (Figura 30), dan como resultado un rango “medio” de similitud, en donde se encuentran entre seis a diez familias en común con potencial como controladores biológicos. Entre esos grupos podemos mencionar algunos ejemplos de la similitud que hay entre los siguientes agroecosistemas: Pastizales-Sorgo, Pastizales-Cacao, Mango-Jocote, Sorgo-Forestales y Cacao-Jocote.

Valor	Rango
0 a 5	Bajo
6 a 10	Medio
11 a 15	Relativamente alto
De 16 en adelante	Alto

Cuadro 1: Valores para Diagrama de Venn. Fuente: Elaboración Propia

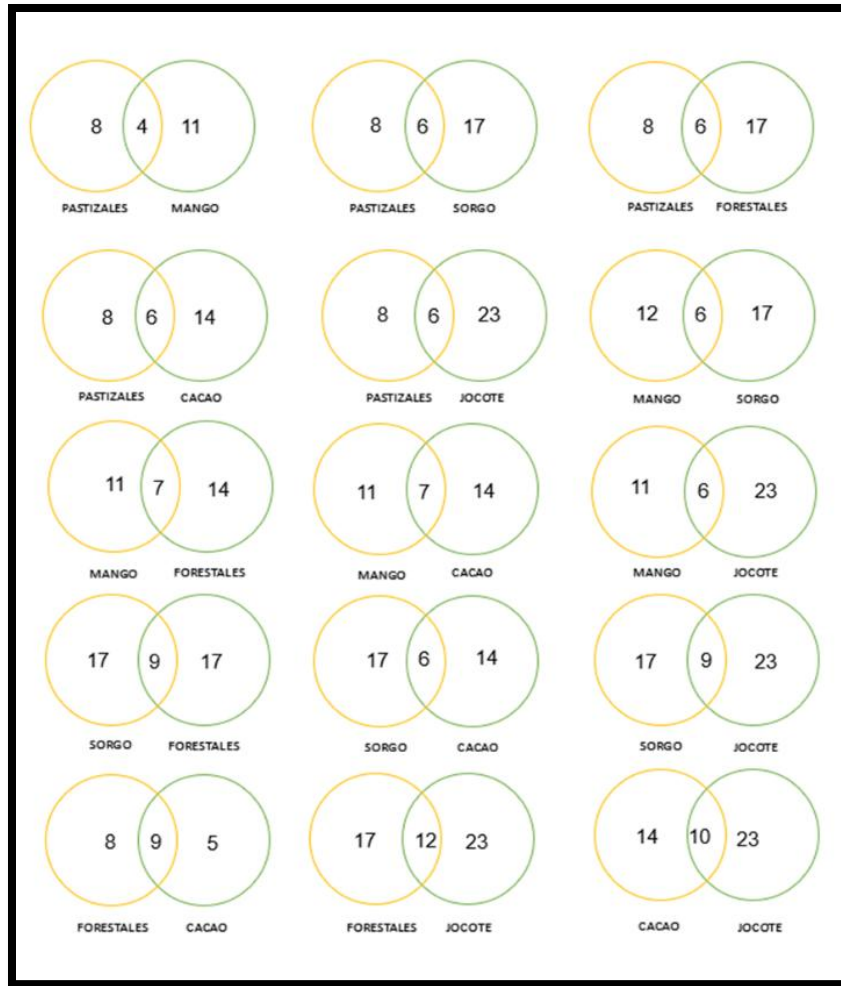


Figura 30: Diagramas de Venn para comparar similitud de pares de agroecosistemas con base a la riqueza de familias de insectos entomofagos

INDICE DE SORENSEN

Según el Cuadro 2, aplicando el índice de Sorensen en base al número de familias entomófagos en los seis agroecosistemas, se aprecia que en relación a los agroecosistemas pastizales y mango (*Mangifera indica*) tienen una menor similitud con el agroecosistema de Jocote (*Spondias spp*) con valores de 0.39 a 0.35; seguido de la comparación de sorgo-cacao. Además; se observó que hay agroecosistemas con una relación intermedia como por ejemplo jocote-sorgo con un valor de 0.45, al igual que jocote-cacao con 0.54, presentando el mismo valor cacao-pastizales. Los agroecosistemas de mango (*Mangifera indica*) y pastizales presentaron una similitud del 0.50 en relación a las familias entomófagos encontradas en ambos agroecosistemas. A diferencia de Mango (*Mangifera indica*) con los agroecosistemas de sorgo (*Sorghum spp*), forestales y cacao con una similitud de 0.57, siendo más significativa su comparación, similar en el caso de forestales-cacao y forestales con Jocote (*Spondias spp*) que sus similitudes entre en 0.58 a 0.60, dan resultados más significativos al contrario de las primeras comparaciones. Se puede inferir

que los agroecosistemas que tienen similitudes más altas son debido a que proporcionan los recursos necesarios para las familias presentes.

	Pastizal	Mango	Sorgo	Forestales	Cacao	Jocote
Pastizales	1	0.50	0.48	0.48	0.54	0.39
Mango		1	0.57	0.57	0.56	0.35
Sorgo			1	0.53	0.39	0.45
Forestales				1	0.58	0.60
Cacao					1	0.54
Jocote						1

Cuadro 2: Similitud de los agroecosistemas, según el índice de Sorensen. Fuente: Elaboración Propia

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES Y ANÁLISIS DE CONGLOMERADOS DE INSECTOS EN AGROECOSISTEMAS

El análisis de componentes principales, muestra un 70.4% de variabilidad, lo cual da a entender que los datos obtenidos en las figuras son confiables. En la figura 31 se puede observar el agrupamiento de los órdenes mantodea, coleoptera, diptera, neuroptera, hymenoptera, homoptera, hemiptera y lepidoptera. Estos órdenes son afines a las características que ofrece el agroecosistema jocote. Mientras que los órdenes odonata, orthoptera, blattodea, tienen afinidad por los agroecosistemas cacao y forestales. Los órdenes presentes en los agroecosistemas pastizales, mango (*Mangifera indica*) y cultivo anual, según el ACP no son significativos para explicar la variabilidad entre agroecosistemas.

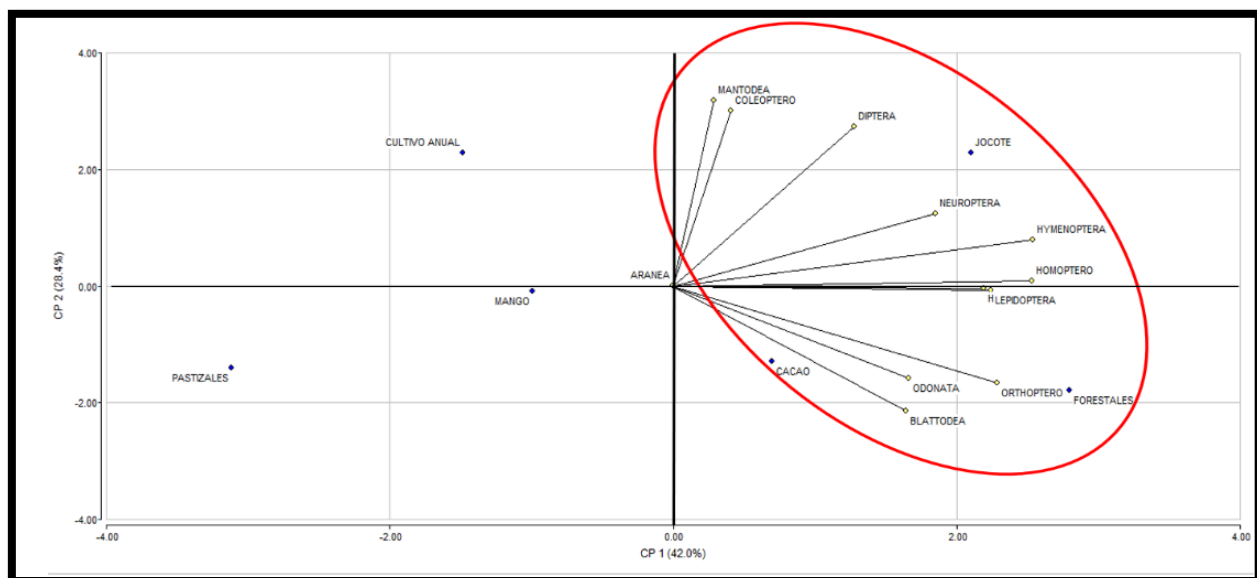


Figura 31: Análisis de Componentes Principales de los Órdenes de insectos encontrados en los agroecosistemas

El Conglomerado de agroecosistemas (Figura 32) verifica lo anterior, ya que se puede observar cómo los agroecosistemas pastizales, mango (*Mangifera indica*) y cultivo anual son los únicos que diferentes al resto, presentando niveles más altos de disimilitud. Mientras que los agroecosistemas jocote, forestales, cacao se encuentran agrupados, lo que indica que hay características similares entre sí.

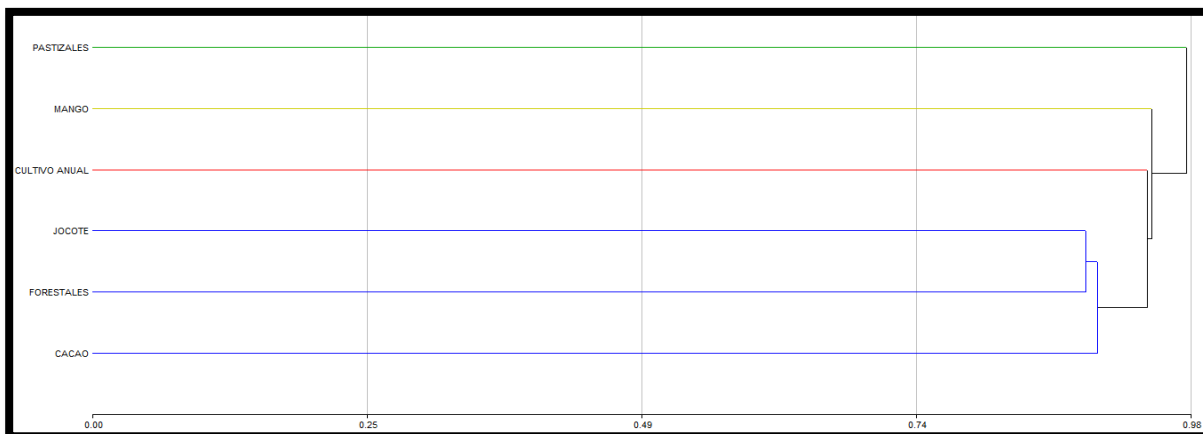


Figura 32: Conglomerados de agroecosistemas en función de los Órdenes de Insectos encontrados

ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES Y ANÁLISIS DE CONGLOMERADO DE INSECTOS CON POTENCIAL DE CONTROLADORES BIOLÓGICOS EN AGROECOSISTEMAS.

El análisis de componentes principales, muestra un 66.8% de variabilidad, lo cual da a entender que los datos obtenidos en las figuras son confiables. En la figura 33 se puede observar el agrupamiento de los órdenes odonata, himenoptera, orthoptera, los cuales son afines a las características que ofrecen los agroecosistemas cacao y forestales. Mientras que los órdenes neuroptera, diptera, hemiptera, coleoptera, mantodea, tienen afinidad por los agroecosistemas Jocote (*Spondias spp*) y cultivo anual. Los órdenes presentes en los agroecosistemas pastizales y mango (*Mangifera indica*), según el ACP no son significativos para explicar la variabilidad entre agroecosistemas.

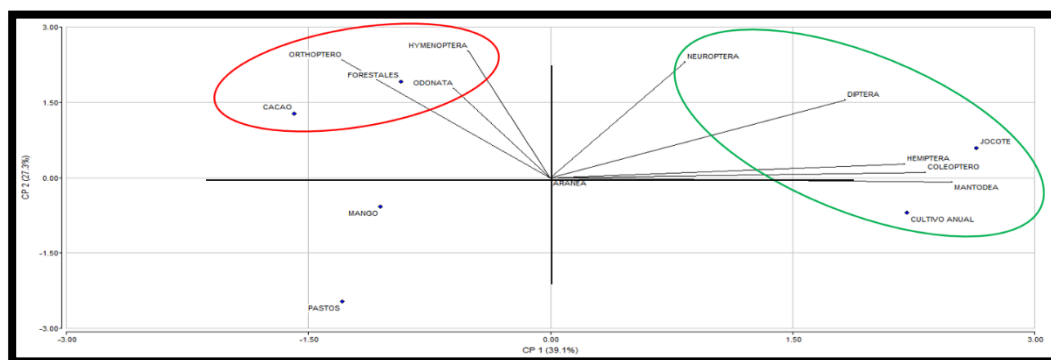


Figura 33: Análisis de Componentes Principales de los Órdenes de insectos con potencial de controladores biológicos encontrados en los agroecosistemas

El conglomerado de agroecosistemas (Figura 34), verifica lo anterior, ya que se puede observar cómo los agroecosistemas pastizales y mango (*Mangifera indica*), son los únicos que son diferentes al resto, presentando niveles más altos de disimilitud. Mientras que los agroecosistemas jocote, cultivo anual, forestales y cacao se encuentran agrupados; lo cual indica algunas similitudes entre ellos; con una mayor similitud entre Jocote (*Spondias spp*) con cultivo anual y forestales con cacao.

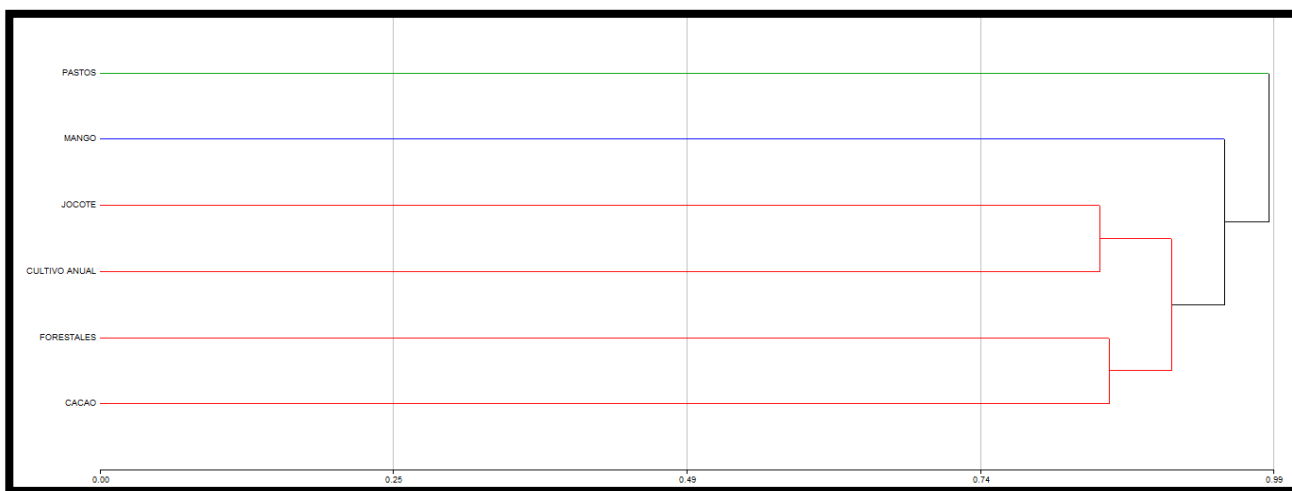


Figura 34: Conglomerado de Agroecosistemas en función de los Órdenes de Insectos con potencial de controladores Biológicos.

DIAGRAMA DE VENN PARA COMPARAR RIQUEZA GENERAL DE FAMILIAS DE ARTROPODOS EN CUATROS GRUPOS SEGÚN EL ANALISIS DE CONGLOMERADOS

Con los datos obtenidos de riqueza por familias se realizó un Diagrama de Venn para comparar los agroecosistemas en cuatro grupos (Figura 35) según el análisis de agrupamiento. Cada grupo está representado por un círculo, e indica en su área de intersección el número de familias en común. Las interacciones individuales son, el conjunto A, que representa el agroecosistema pastizales solo cuenta con tres familias exclusivas para ellos, lo mismo para los agroecosistemas sorgo y mango que ambos tienen tres familias exclusivas, mientras que el conjunto D, que tiene los agroecosistemas jocote/forestales/cacao solo tienen dos familias exclusivas, convirtiéndose en el agroecosistema con menos familias exclusivas. Las interacciones entre dos conjuntos son, los agroecosistemas pastizales y mango lo que da un total de 17 de familias compartidas entre esos conjuntos, con los agroecosistemas mango y jocote/forestales/cacao solo tienen 26 familias compartidas, convirtiéndolo en el conjunto que tiene más familias compartidas a ellos, la interacción del agroecosistema sorgo y jocote/forestales/cacao da un total de 21 familias

exclusivas para ambos conjuntos, mientras que con los agroecosistemas pastizales y sorgo da un total de 17 familias compartidas para ambas familias. Las interacciones entre tres conjuntos serian, el conjunto A, con el conjunto B y el conjunto D, tiene un total de 14 familias compartidas, la interacción entre el conjunto B, el conjunto C y el conjunto D tiene un total de 19 familias compartidas entre ellos, las interacciones entre los conjuntos D, el conjunto C y el conjunto A tiene un total de 12 familias compartidas entre ellos, y las interacciones entre los conjuntos C, el conjunto A y el conjunto B tiene un total de 13 familias compartidas entre sí. La interacción entre los cuatro conjuntos da un total de 12 familias entre sí. De acuerdo al rango (Cuadro 1), se tiene una interacción “relativamente alta”, esto significa que la cantidad de elementos que son comunes a los cuatro conjuntos es considerable y tiene un nivel de intersección significativo. La mayor cantidad de familias compartidas entre los conjuntos mango y jocote/forestales/cacao (26 familias), sugiere que estos agroecosistemas ofrecen una mayor cantidad de refugios, recursos y condiciones que ayudan a la proliferación de tanto insectos benéficos como insectos fitófagos.

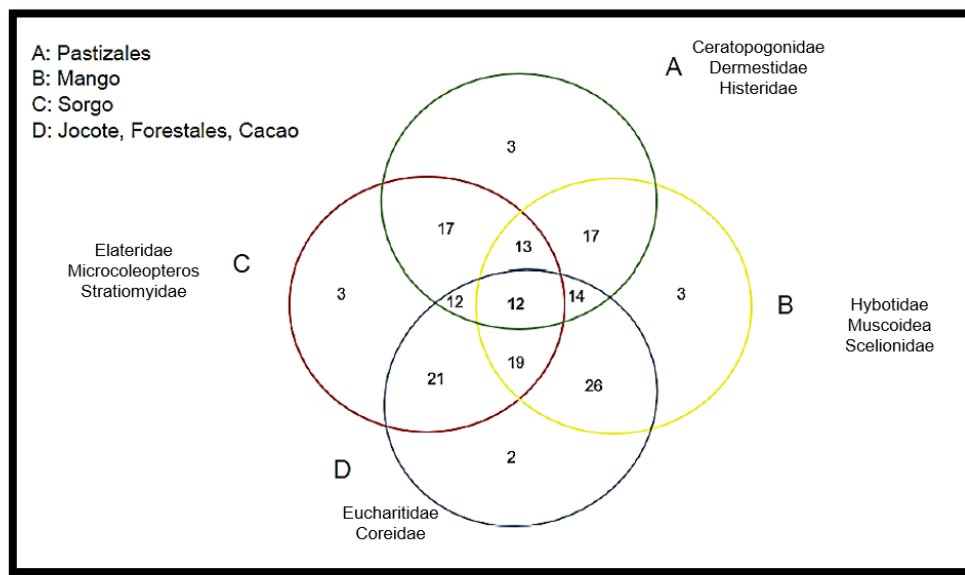


Figura 35: Diagrama de Venn para comparar Riqueza General de familias de artrópodos en cuatro grupos según el análisis de Agrupamiento

DIAGRAMA DE VENN PARA COMPARAR SIMILITUD DE PARES DE AGROECOSISTEMAS CON BASE A LA RIQUEZA DE FAMILIAS DE INSECTOS ENTOMOFAGOS EN TRES GRUPOS SEGÚN EL ANALISIS DE AGRUPAMIENTO

Con los datos obtenidos de riqueza por familias de insectos benéficos se realizó un Diagrama de Venn para comparar los agroecosistemas en tres grupos (Figura 36) según el análisis de agrupamiento. Cada grupo está representado por un círculo, e indica en su área de intersección el número de familias en común. Las interacciones Individuales son, el conjunto A y conjunto B, que representa el agroecosistema pastizales y mango ambos solo cuentan con cero familias exclusivas para dentro de ellos, convirtiéndose en los conjuntos con menos familias exclusivas. Las interacciones individuales para el conjunto C, que cuenta con los agroecosistemas sorgo, jocote, forestales y cacao, solo tienen ocho familias exclusivas, convirtiéndose en el conjunto que más familias poseen. Las interacciones en entre dos conjuntos son, el conjunto A con el conjunto B tienen entre si cuatro familias compartidas, la interacción entre el conjunto B con el conjunto C dan un total de seis familias compartidas entre ellas, la interacción entre el conjunto C y el conjunto A tiene un total de cinco familias entre ambas. Y la interacción entre los tres conjuntos da un total de cuatro familias compartidas entre ellos. De acuerdo al rango (Cuadro 1), se tiene una interacción “baja”, esto significaría que el número de elementos compartidos no es muy elevado, indicando una interacción limitada entre todos los conjuntos involucrados, si bien existen conexiones, estas no son abundantes ni significativas en comparación con otros niveles de intersección posibles. Los enemigos naturales suelen preferir agroecosistemas que ofrezcan mayor diversidad vegetal y menor intervención humana, animal y del propio medio ambiente, tales como los agroecosistemas forestales, cacao y jocote; ya que dentro de estos las familias de insectos que tienen potencial de ser controladores biológicos tienen un refugio contra de sus propios depredadores, recursos alimenticios, y mejores condiciones les permite completar su ciclo de vida de manera más eficiente.

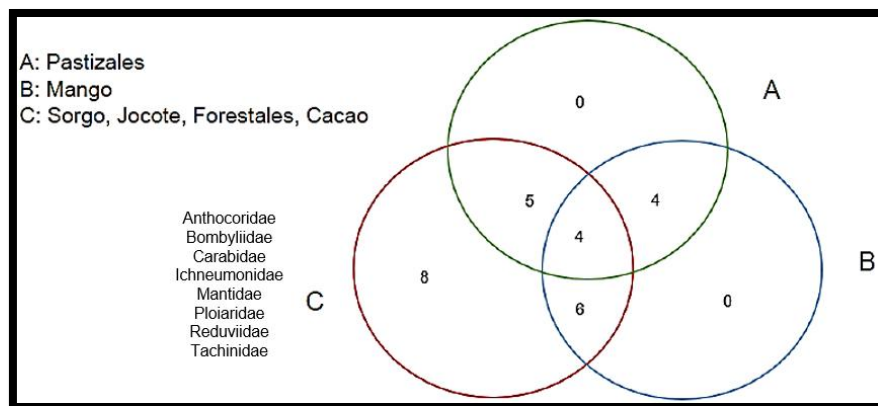


Figura 36: Diagrama de Venn para comparar similitud de pares de Agroecosistemas con base a la riqueza de familias de insectos benéficos en tres grupos según el análisis de agrupamiento

5. CONCLUSIONES

- Los agroecosistemas con más diversidad vegetal albergaron la mayor cantidad de familias, debido a que estos proporcionan los recursos necesarios para la vida de los insectos.
- Los agroecosistemas de la estación experimental cuentan con insectos entomófagos y artrópodos que pueden ser utilizados como controladores de plagas.
- Se tuvo evidencia de que los agroecosistemas con menos intervención humana proporcionan un mejor hábitat para muchas familias de insectos como por ejemplo el cultivo de jocote, forestales y cacao.
- La mayor riqueza biológica de familias de insectos entomófagos se encontró en los agroecosistemas asociados a una gran diversidad de plantas arvenses, como el caso de jocote y forestales.
- El índice de Shannon aplicado a todos los agroecosistemas muestra una diversidad baja, debido a que la muestra fue muy pequeña y la estimación de la biodiversidad se realiza mejor con muestras más grandes.
- En el análisis de componentes principales, la variabilidad de los números de familias de insectos entre los diferentes agroecosistemas se explica por las características de aquellos agroecosistemas más diversos.
- Los agroecosistemas de la estación experimental cuentan con insectos entomófagos y artrópodos que pueden ser utilizados como controladores de plagas.
- Las familias de insectos entomófagos asociadas exclusivamente a un Agroecosistema particular, son aquellas que encuentran en él los recursos y hábitat necesarios para el mantenimiento de sus poblaciones.
- Las familias de insectos con potencial de controladores biológicos asociadas a todos los agroecosistemas no requieren de condiciones agroecológicas específicas para el mantenimiento de sus poblaciones; por ejemplo los depredadores.

6. RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones se debe de considerar tomar un mayor número de muestras y hacer más visitas a los agroecosistemas, en diferentes fechas del año, para obtener datos más precisos de los insectos benéficos presentes.
- En cada uno de los muestreos se recomienda hacer una revisión de toda la vegetación de los alrededores del agroecosistema
- Los agroecosistemas de la estación experimental cuentan con insectos entomófagos y artrópodos que pueden ser utilizados como controladores de plagas.
- Cultivar y mantener vegetación con flores dentro de los cultivos principales para proporcionar alimento a los enemigos naturales y aumentar sus poblaciones.
- Estudiar más a fondo las interacciones entre enemigos naturales y sus posibles presas en los diferentes agroecosistemas.
- Aprovechar la información resultante de este tipo de trabajos para un manejo sostenible de plagas dentro de lo agroecosistemas.

7. BIBLIOGRAFIA

Altieri M, Nicholls C. 2000a. Agroecología. Teoría y práctica Para una agricultura sustentable. (en línea). Consultado el 25 de agosto 2024. Disponible en: https://www.academia.edu/41144787/AGROECOLOG%C3%8DA_Teor%C3%ADa_y_pr%C3%A1ctica_para_una_agricultura_sustentable_1_a_edici%C3%B3n

Altieri M, Nicholls C. 2000b. Teoría y práctica para una agricultura sustentable Consultado el: 6 de junio 2024. Disponible en: https://www.academia.edu/4838158/Miguel_Altieri_Clara_I_Nicholls

Badii M, Landeros J, Cerna E. 2007. Patrones de asociación de especies y sustentabilidad. (en línea). Consultado el 25 de agosto 2024. Disponible en: <http://www.spentamexico.org/v3-n1/3%281%29%20632-660.pdf>

Baliton R, Landicho L, Cabahug R, Paelmo R, Laruan K, Rodríguez R, Visco R, Castillo A. 2020. Ecological services of agroforestry systems in selected upland farming communities in the Philippines (en línea). *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 21(2):707-717. Consultado 15 de ago. 2024. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/339064707_Ecological_services_of_agroforestry_systems_in_selected_upland_farming_communities_in_the_Philippines

Carmona-Galindo V, Carmona T. 2013. La Diversidad de los Análisis de Diversidad. (en línea). Consultado en: 25 de agosto 2024. Disponible en: [https://digitalcommons.lmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1025&context=bio_fac#:~:text=Existen%20muchos%20%C3%ADndices%20para%20calcular,%2DWiener%20\(Shannon%201948\).](https://digitalcommons.lmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1025&context=bio_fac#:~:text=Existen%20muchos%20%C3%ADndices%20para%20calcular,%2DWiener%20(Shannon%201948).)

Cruz D, Borrego D, Fontenla J, Mancina C. 2017. Inventarios y Estimaciones de la Biodiversidad. (en línea). Consultado en: 25 de agosto 2024. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Daily-Martinez-Borrego-2/publication/324925621_INVENTARIOS_Y_ESTIMACIONES_DE_LA_BIODIVERSIDAD/links/5aeba572458515f59981e2b2/INVENTARIOS-Y-ESTIMACIONES-DE-LA-BIODIVERSIDAD.pdf

DeClerck FAJ, Jones SK, Attwood S, Bossio D, Girvetz E, Chaplin-Kramer B, Enfors E, Fremier AK, Gordon LJ, Kizito F, Lopez Noriega I, Matthews N, McCartney M, Meacham M,

Noble A, Quintero M, Remans R, Soppe R, Willemsen L, Wood SLR and W. 2016. Agricultural ecosystems and their services: the vanguard of sustainability? (en línea). Consultado el 25 de agosto 2024. Disponible en: https://ris.utwente.nl/ws/portalfiles/portal/276844423/Agricultural_ecosystems_and_their_services_the_vanguard_of_sustainability.pdf

Del Rey, I. 2021. Índice de Shannon-Biodiversidad. (En línea). Consultado el 21 mar 2023. Disponible en: <https://www.tiloom.com/indice-de-shannon-biodiversidad/#comments>

EPA (Environmental Protection Authority), sf. Biological Control Agents. Consultado el 7 de junio 2024. Disponible en: <https://www.epa.govt.nz/industry-areas/new-organisms/biological-control-agents/>

Fernández S. 2011. ANALISIS DE CONGLOMERADOS. (en línea). Consultado el 25 de agosto 2024. Disponible: en: <https://www.fuenterrebollo.com/Economicas/ECONOMETRIA/SEGMENTACION/CONGLOMERADOS/conglomerados.pdf>

Ferriol M, Merle F. 2012. Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad. Aplicación al estudio de comunidades vegetales. (en línea). Consultado en 25 de agosto de 2024. Disponible en: <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16285/Microsoft%20Word%20-%20articulo%20docente%20def.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García K y Angulo L. 2008. Efecto de cultivos en asocio pepino (*Cucumis sativus L.*), pipian (*Cucúrbita pepo L.*) y frijol de vara (*Vigna unguiculata L. Walp*), en la ocurrencia poblacional de insectos plagas, beneficios y el rendimiento en tisma, masaya. Consultado el: 6 de junio 2024. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf08g216.pdf>

Gerben J. Lambion J. Janssen A. Van P. 2021. Biodiversity in and around Greenhouses: Benefits and Potential Risks for Pest Management (en línea). Consultado 22 ago. 2024. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2075-4450/12/10/933>

Heinrich B. 2020. Atlas de los insectos (PDF). Bruselas, Bélgica Annette Maennel, Fundacion Heinrich Boll.PDF.

IAEA (Organismo Internacional de Energía Atómica). 2020. Control biológico (en línea). Consultado 02 de sep. 2024. Disponible en: <https://www.iaea.org/es/temas/control-biologico>

Iraheta R, López F, Barahona N. 2009. Estudio socioproductivo y artrópodos asociados al cultivo de jocote corona (*spondia sp*) en el volcán Chinchontepec, San Vicente, El Salvador, C.A. (en línea). Tesis Ing. Agr. San Vicente, El Salvador. Consultado 22 de ago. 2024. Disponible en: https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/3597/2/TESIS__ARTROPODOS_ASOCIADOS_AL_CULTIVO_DE_JOCOTE_CORONA.pdf

Jaksic F, Marone L. 2007. Redes Tróficas. (en línea). Consultado en: 26 de agosto 2024. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/356555489_Redets_troficas_En_libro_Ecologia_de_Comunidades_segunda_edicion

Jimenez E. 2009. Metodos de Control de Plagas. Consultado el: 6 de junio 2024. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/2457/1/nh10j61c.pdfwh>

Melic A. 1993. Biodiversidad y riqueza biológica. Paradojas y problemas. (en línea). Consultado el 25 de agosto 2024. Disponible en: http://sea-entomologia.org/PDF/ZAPATERI_3/Z03-015-097.pdf

Mestre A, Holt R. 2018. Enemigos naturales y biodiversidad la espada de doble filo de las interacciones tróficas (en línea). Metode Science Studies Journal 98: 75-83. Consultado 2 de sep. 2024. Disponible en: <https://metode.es/wp-content/uploads/2018/07/98ES-MONO-6-mestre-enemigos-naturales.pdf>

Miranda E, Guzmán R, 2020. Breve registro de insectos en un cultivar de sorgo (*Sorghum spp*) del bajo guanajuatense (en línea). Revista Ciencia e Investigación Agroalimentaria de la Universidad de Guanajuato 2(1):1-9. Consultado 25 de ago. 2024. Disponible en: <https://www.reiagro.ugto.mx/index.php/cia/article/view/35/33>

Morgan R, Brown J, Thorson J. 1997. The Effect of Spatial Scale on the Functional Response of Fox Squirrels. (en línea). Consultado el: 26 de agosto 2024. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/247855831_The_Effect_of_Spatial_Scale_on_the_Functional_Response_of_Fox_Squirrels

Nakei M, Venkataramana P, Ndakidemi P. 2022. Soybean-Nodulating Rhizobia: Ecology, Characterization, Diversity, and Growth Promoting Functions. (en línea). Consultado el: 25 de agosto 2024. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/sustainable-food-systems/articles/10.3389/fsufs.2022.824444/pdf>

Nicholls E. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Consultado el: 6 de junio 2024. Disponible en: https://www.academia.edu/6847670/Clara_In%C3%A9s_Nicholls_Estrada

NOVA. s.f. Ecosystems: Interactions, Energy, & Dynamics. (en línea). Consultado el 25 de agosto 2024. Disponible en: <https://www.pbslearningmedia.org/collection/nova/t/life-sciences/ecosystems-interactions-energy-dynamics/>

PNNL (Pacific Northwest National Laboratory). sf. Human-Earth System Interactions. Understanding the complex interactions shaping the future. (en línea). Consultado el 25 de agosto 2024. Disponible en: <https://www.pnnl.gov/human-earth-system-interactions>

Quezada J. 1990. El control biológico de plagas, esfuerzo y logros en El Salvador. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 15: 83-105.

Riken. 2020. Cadenas y Redes Tróficas. Niveles de organización. (en línea). Consultado el: 26 de agosto 2024. Disponible en: <https://colegiosanalfonso.cl/wp-content/uploads/2020/07/BIOLOG%C3%8DA-GU%C3%8DA-N%C2%B07.pdf>

Rincón M, Souza B. 2010. Insectos Benéficos. Guía para su identificación. LIBRO. Consultado el 27 de junio 2024. Pag. 8

Sadee C, Pietrzak M, Seweryn M, Wang C, Rempala G. 2013. Sorensen Index. (en línea). Consultado el 25 de agosto 2024. Disponible en: [https://search.r-project.org/CRAN/refmans/divo/html/li.html#:~:text=Description,and%20one%20\(perfect%20overlap\)](https://search.r-project.org/CRAN/refmans/divo/html/li.html#:~:text=Description,and%20one%20(perfect%20overlap)).

Sapkota A. 2023. Trophic Level: Food chain, Food web, Pyramid, Examples. (en línea), Consultado en 26 de agosto 2024. Disponible en: <https://microbenotes.com/trophic-level/>

Soga M. 2020. The ecology of human–nature interactions. (en línea). Consultado el 25 de agosto 2024. Disponible en: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.2019.1882>

Stoner K. 2004. Approaches to the Biological Control of Insect Pests. Consultado el 7 de junio 2024. Disponible en: <https://portal.ct.gov/caes/fact-sheets/entomology/approaches-to-the-biological-control-of-insect-pests>

Whelan C, Wenny D, Marquis R. 2008. Ecosystem Services Provided by Birds. (en Línea). Consultado el 26 de agosto 2024. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/5290716_Ecosystem_Services_Provided_by_Birds

XLSTAT. s.f. Análisis de componentes PRINCIPALES (ACP). (en línea). Consultado el 25 de agosto 2024. Disponible en: <https://www.xlstat.com/es/soluciones/funciones/analisis-de-componentes-principales-acp#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20de%20componentes%20principales%20es%20uno%20de%20los%20m%C3%A9todos,sociolog%C3%ADa%20y%20muchos%20otros%20campos.>

8. ANEXOS

Anexo 1: Riqueza Biológica de todos los insectos encontrados en los agroecosistemas

FAMILIAS	PASTIZALES	MANGO	CULTIVO ANUAL	FORESTALES	JOCOTE	CACAO
Acanoloniidae	0	1	0	1	0	1
Acrididae	1	1	1	1	1	1
Alydidae	1	0	0	1	1	0
Anthocoridae	0	0	1	0	1	0
Anthomyiidae	1	0	1	0	0	1
Aphididae	0	0	1	0	0	0
Aphidoidea	0	0	0	1	0	0
Apidae	0	0	1	0	1	0
Apionidae	1	1	0	1	1	1
Apoidea	0	0	1	0	1	0
Aranea	1	1	1	1	1	1
Argidae	0	0	0	1	0	0
Berytidae	0	0	0	1	1	0
Blattodea	0	0	0	1	0	1
Bombyliidae	0	0	0	0	1	0
Braconidae	1	1	0	1	1	0
Bruchidae	1	1	1	1	1	1
Buprestidae	0	0	1	1	1	0
Caliscelidae	0	0	0	0	1	0
Calliphoridae	0	0	0	1	1	0
Cantharidae	0	1	1	0	1	0
Carabidae	0	0	1	0	1	0
Cerambycidae	0	0	0	0	1	0
Ceratopogonidae	1	0	0	0	0	0
Cercopidae	0	1	0	0	1	0
Chalcididae	1	1	1	1	1	1
Chironomidae	0	1	0	0	1	0
Chrysomelidae	1	1	1	1	1	1
Chrysopidae	0	1	1	1	1	1
Cicadellidae	1	1	1	1	1	1
Cixiidae	0	0	0	0	1	0
Coccinellidae	1	0	1	1	1	1
Coenagrionidae	0	0	0	1	0	0
Coleop. No identificados	0	1	1	1	0	1
Coreidae	0	0	0	1	1	1
Culicidae	1	1	1	1	0	1

Curcullionidae	1	1	1	1	1	1
Cynipidae	0	0	0	0	0	1
Delphacidae	1	1	1	1	1	1
Derbidae	1	1	1	1	1	0
Dermestidae	1	0	0	0	0	0
Dictyophoridae	0	0	0	1	0	1
Dolichopodidae	1	1	1	1	1	1
Elateridae	0	0	1	0	0	0
Empididae	0	1	1	1	1	1
Eucharitidae	0	0	0	1	1	1
Eucoilidae	0	0	0	1	0	0
Formicidae	1	1	1	1	1	1
Fulgoridae	0	1	1	1	1	1
Geocoridae	1	0	1	0	0	0
Gryllacrididae	0	0	0	1	0	0
Gryllidae	1	1	0	1	1	1
Gusanos	0	0	0	0	0	1
Halictidae	0	0	0	0	1	0
Hemiptera sin ident.	1	0	0	0	0	1
Hesperidae	0	1	0	1	0	0
Histeridae	1	0	0	0	0	0
Hybotidae	0	1	0	0	0	0
Ichneumonidae	0	0	0	0	0	1
Lampyridae	1	0	1	0	0	0
Larva de Lepid.	0	0	0	0	1	0
Lepid. No identificada	0	1	0	1	1	1
Mantidae	0	0	1	0	1	0
Membracidae	1	1	0	1	1	1
Microcoleopteros	0	0	1	0	0	0
Microdiptera no ident.	1	1	0	1	1	1
Microhymenopteros sin ident.	0	1	1	1	1	1
Micropezidae	0	1	0	0	1	0
Miridae	0	1	1	1	1	1
Mordellidae	0	1	1	1	0	0
Muscoidea	0	1	0	0	0	0
Neriidae	0	0	0	0	1	0
Ninfa de Homoptera	0	0	0	1	0	0
Ninfas de Pentatomidae	0	0	0	1	0	1
Nitidulidae	0	0	0	0	0	1

Noctuidae	0	0	0	1	0	0
Otitidae	0	1	1	1	1	1
Pentatomidae	0	0	1	1	1	1
(Tettigonidae)	0	0	0	1	0	1
Phoridae	0	1	0	1	1	0
Phymatidae	0	0	0	0	1	0
Pieridae	0	0	0	0	1	0
Ploiariidae	0	0	0	1	0	0
Psyllidae	0	0	0	1	1	0
Pteromalidae	0	0	0	1	0	0
Ptilodactylidae	0	1	0	1	1	1
Pyralidae	0	1	0	1	1	1
Pyrrhocoridae	0	0	1	1	1	1
Reduviidae	0	0	1	1	1	0
Rhopalidae	1	0	0	1	1	0
Sarcophagidae	1	0	1	0	1	0
Scelionidae	0	1	0	0	0	0
Scolytidae	0	1	0	1	0	0
Scutelleridae	0	0	0	1	0	1
Staphylinidae	0	0	1	0	1	0
Stratiomyidae	0	0	1	0	0	0
Syrphidae	0	0	1	1	1	0
Tachinidae	0	0	1	0	1	1
Tenebrionidae	0	0	0	0	1	0
Tettigonidae	1	1	1	1	1	1
Thyreocoridae	1	0	0	1	0	0
Tingidae	0	1	1	1	1	1
Tiphiidae	0	0	1	0	0	0
Tipulidae	0	1	1	1	1	1
Tropiduchidae	0	0	0	1	0	0
Trydactilidae	0	0	0	0	1	0
Vespidae	0	0	0	0	1	1
Total	30	42	46	64	66	47

Anexo 2: Riqueza con todas las familias que tienen potencial de ser controladores biológicos encontrados en los agroecosistemas

FAMILIAS	PASTIZALES	CULTIVO ANUAL	MANGO	FORESTALES	CACAO	JOCOTE
Anthocoridae	0	1	0	0	0	1
Aranea	1	1	1	1	1	1
Bombyllidae	0	0	0	0	0	1
Braconidae	1	0	1	1	1	1
Cantharidae	0	1	1	0	0	1
Carabidae	0	1	0	0	0	1
Chalcididae	1	1	1	1	1	1
Chrysopidae	0	1	1	1	1	1
Coccinellidae	1	1	0	1	1	1
Coenagrionidae	0	0	0	1	0	0
Cynipidae	0	0	0	0	1	0
Dolichopodidae	1	1	1	1	1	1
Empididae	0	1	1	1	1	1
Eucharitidae	0	0	0	1	1	1
Formicidae	1	1	1	1	1	1
Geocoridae	1	1	0	0	0	0
Ichneumonidae	0	0	0	0	1	0
Lampyridae	1	1	0	0	0	0
Mantidae	0	1	0	0	0	1
Michrohymenopteros	0	1	1	1	1	1
Micropezidae	0	0	1	0	0	1
Phoridae	0	0	1	1	0	1
Phymatidae	0	0	0	0	0	1
Ploiariidae	0	0	0	1	0	0
Tettigonidae	0	0	0	1	1	0
Pteromalidae	0	0	0	1	0	0
Reduvidae	0	1	0	1	0	1
Syrphidae	0	1	0	1	0	1
Tachinidae	0	1	0	0	1	1
Vespidae	0	0	0	0	1	1
Total	8	17	11	17	15	22

Anexo 3: Caracterización usado para el agroecosistema pastizales

PASTIZALES				
CARACTERISTICAS GENERALES				
Áreas de cultivo	Potrereros: 7, 9, 13-14, La Laguna			OBSERVACIONES
Grado de intervención humana	Alto	Medio	Bajo	Depende el tipo de tierra
Presencia de malezas	Si		No	
Época del año	Seca	Transición	Lluviosa	Lluviosa/Transición
Presencia de animales domésticos	Si		No	En los potreros que se muestro era los que no tenían ganado, al momento que llegamos
Presencia de riego	Si		No	
Presencia de plagas	Si		No	Se vio la presencia de Salivazos
Uso de plaguicidas	Nulo	Poco (1-2)	Frecuente (+3)	
Especies vegetales dentro del Agroecosistemas	Pangola, Cynodon, Escobilla, Mangollano, Cinco Negritos, Pan Caliente, Nim, Bejuco			
CARACTERISTICAS ESPECIFICAS				
Uso del pasto	Corte		Pastoreo libre	Ambos
Especie	Gramínea		Leguminosa	
Densidad de la vegetación	Alto	Medio	Bajo	

Anexo 4: Caracterización usado para el agroecosistema mango

MANGO				
CARACTERISTICAS GENERALES				
Áreas de cultivo	6,000 m ²			OBSERVACIONES
Grado de intervención humana	Alto	Medio	Bajo	
Presencia de malezas	Si		No	
Época del año	Seca	Transición	Lluviosa	Lluviosa/Transición
Presencia de animales domésticos	Si		No	
Presencia de riego	Si		No	
Presencia de plagas	Si		No	Mosca de la fruta
Uso de plaguicidas	Nulo	Poco (1-2)	Frecuente (+3)	
Especies vegetales dentro del Agroecosistemas	Estrella, Escobilla, Cinco Negritos, Cordoncillo, Cerezo de Belice, Maquilishuat			
CARACTERISTICAS ESPECIFICAS				
Especie	10 variedades de mango, es banco de germoplasma			
Densidad de siembra	3 metros por árbol			
Densidad de follaje	Poco	Denso	Muy denso	

Anexo 5: Caracterización usado para el agroecosistema sorgo

SORGO				
CARACTERISTICAS GENERALES				
Áreas de cultivo	Mango, lote El Marcelo (12mz)			OBSERVACIONES
Grado de intervención humana	Alto	Medio	Bajo	Únicamente utilizan maquinaria
Presencia de malezas	Si		No	Flor Amarilla
Época del año	Seca	Transición	Lluviosa	Lluviosa/Transición
Presencia de animales domésticos	Si		No	
Presencia de riego	Si		No	Por goteo
Presencia de plagas	Si		No	Las aves son un problema
Uso de plaguicidas	Nulo	Poco (1-2)	Frecuente (+3)	
Especies vegetales dentro del agroecosistemas	Flor amarilla, leguminosas, especies de hoja ancha			
CARACTERISTICAS ESPECIFICAS				
Variedad	Chalateco			
Densidad de siembra	Chorro seguido			
Densidad de follaje	Poco	Denso	Muy denso	
Porte	Alto	Medio	Bajo	

Anexo 6: Caracterización usado para el agroecosistema cacao

CACAO				
CARACTERISTICAS GENERALES				
Áreas de cultivo	La Ceiba			OBSERVACIONES
Grado de intervención humana	Alto	Medio	Bajo	
Presencia de malezas	Si		No	
Época del año	Seca	Transición	Lluviosa	Lluviosa/Transición
Presencia de animales domésticos	Si		No	
Presencia de riego	Si		No	
Presencia de plagas	Si		No	
Uso de plaguicidas	Nulo	Poco (1-2)	Frecuente (+3)	
Especies vegetales dentro del agroecosistemas	Musaceas, especies de hoja ancha.			
CARACTERISTICAS ESPECIFICAS				
Variedad				
Densidad de siembra				
Densidad de follaje	Poco	Denso	Muy denso	
Porte	Alto	Medio	Bajo	

Anexo 7: Caracterización usado para el agroecosistema jocote

JOCOTE				
CARACTERISTICAS GENERALES				
Áreas de cultivo	El Almendro			OBSERVACIONES
Grado de intervención humana	Alto	Medio	Bajo	Lo único que le hacen es poda
Presencia de malezas	Si		No	
Época del año	Seca	Transición	Lluviosa	Lluviosa/Transición
Presencia de animales domésticos	Si		No	
Presencia de riego	Si		No	
Presencia de plagas	Si		No	
Uso de plaguicidas	Nulo	Poco (1-2)	Frecuente (+3)	
Especies vegetales dentro del Agroecosistemas				
CARACTERISTICAS ESPECIFICAS				
Variedad				
Densidad de siembra				
Densidad de follaje	Poco	Denso	Muy denso	
Porte	Alto	Medio	Bajo	

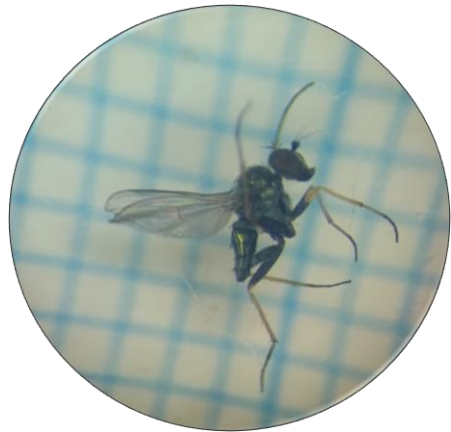
Anexo 8: Caracterización usado para el agroecosistema forestales

FORESTALES				
CARACTERISTICAS GENERALES				
Áreas de cultivo	El Almendro			OBSERVACIONES
Grado de intervención humana	Alto	Medio	Bajo	Solo cuando se hace resiembra
Presencia de malezas	Si		No	
Época del año	Seca	Transición	Lluviosa	Lluviosa/Transición
Presencia de animales domésticos	Si		No	Habían varios perros
Presencia de riego	Si		No	
Presencia de plagas	Si		No	
Uso de plaguicidas	Nulo	Poco (1-2)	Frecuente (+3)	Solo una aplicación de glifosato
Especies vegetales dentro del agroecosistemas	Ceiba, Cortez Blanco, Cortez Negro, Mulato, Balsamo			
CARACTERISTICAS ESPECIFICAS				
Especie	Hay más de 20 especies			
Densidad de siembra				
Densidad de follaje	Poco	Denso	Muy denso	
Porte	Alto	Medio	Bajo	

Anexo 9: Familias de insectos y artrópodos encontrados en los agroecosistemas



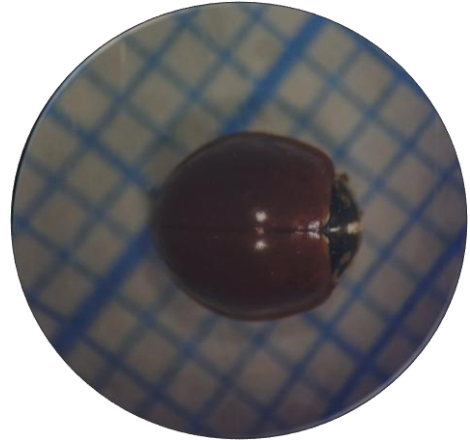
Familia *Chrysopidae*. Depredador.



Familia *Dolichopodidae*. Depredador.



Familia *Chalcididae*. Parasitoide.



Familia *Coccinellidae*. Depredador.



Orden *Aranea*. Depredador.



Familia *Formicidae*. Depredador.



Familia *Larva de Coccinellidae*. Depredador.



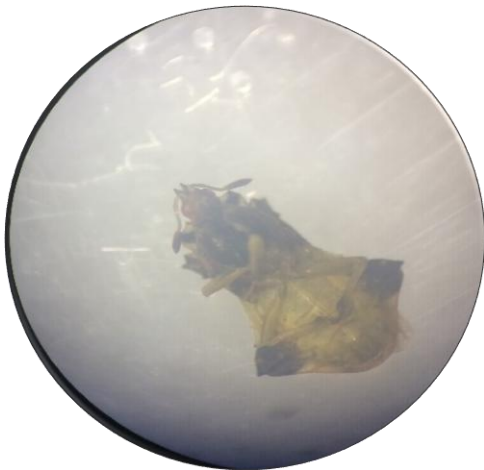
Familia *Vespidae*. Depredador.



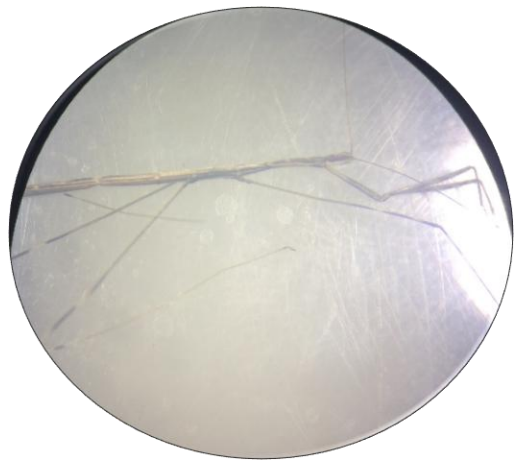
Familia *Syrphidae*. Depredador.



Familia *Reduviidae*. Depredador.



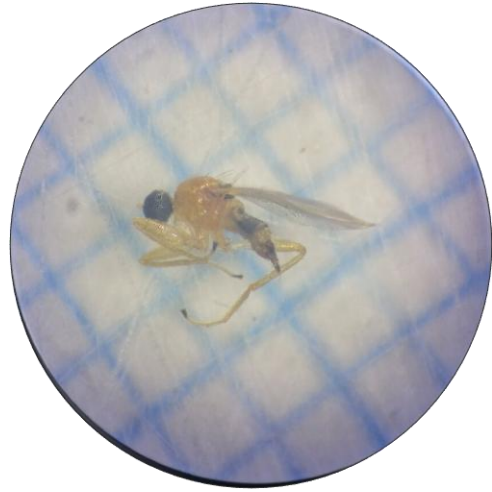
Familia *Phymatidae*. Depredador.



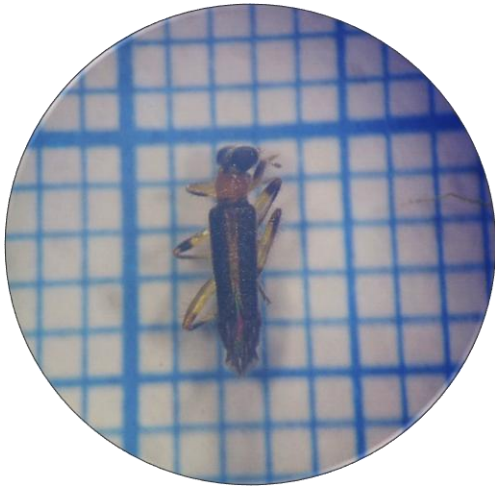
Familia *Ploiariidae*. Depredador.



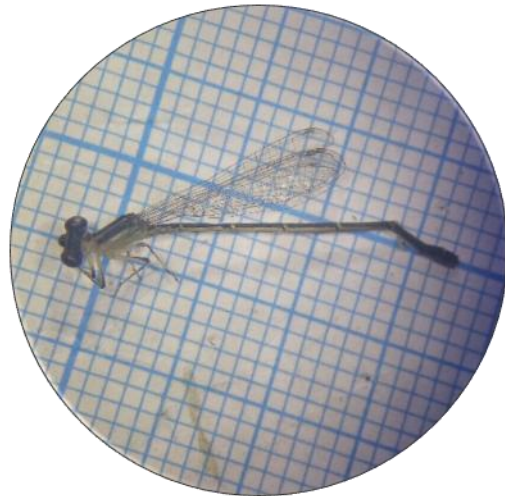
Familia *Geocoridae*. Depredador.



Familia *Empididae*. Depredador.



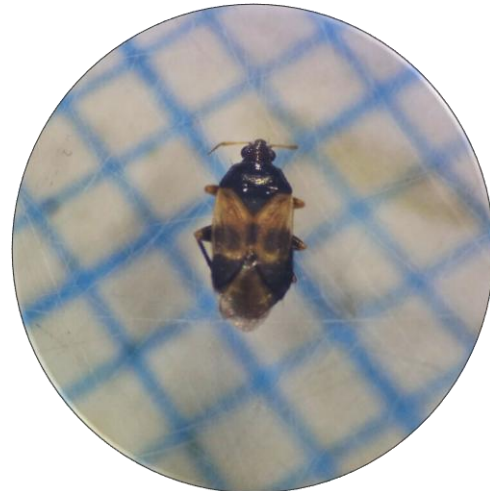
Familia *Cantharidae*. Depredador.



Familia *Coenagrionidae*. Depredador.



Familia *Braconidae*. Parasitoides.



Familia *Anthocoridae*. Depredador.

Anexo 10: Porcentajes de familias benéficas y generales en pastizales

Familias generales en pastizales	Sumatoria	%
Acrididae	35	4.99
Alydidae	7	1.00
Anthomyiidae	112	16.0
Apionidae	4	0.6
Aranea	27	3.9
Braconidae	2	0.3
Bruchidae	1	0.1
Ceratopogonidae	1	0.1
Chalcididae	3	0.4
Chrysomelidae	12	1.7
Cicadellidae	130	18.5
Coccinellidae	4	0.6
Thyreocoridae	1	0.1
Culicidae	3	0.4
Curculionidae	2	0.3
Delphacidae	28	4.0
Derbidae	24	3.4
Dermetidae	7	1.0
Dolichopodidae	2	0.3
Formicidae	1	0.1
Geocoridae	1	0.1
Gryllidae	16	2.3
Hemiptera sin ident.	1	0.1
Histeridae	5	0.7
Lampyridae	2	0.3
Membracidae	1	0.1
Microdipteros sin ident.	225	32.1
Rhopalidae	8	1.1
Sarcophagidae	2	0.3
Tettigonidae	34	4.9
Total	701	100.00
Fitófagos		94.01
Benéficos		5.99
Total		100.00
Familias benéficas en pastizales	Sumatoria	%
Aranea	27	64.29
Braconidae	2	4.76
Chalcididae	3	7.14
Coccinellidae	4	9.52

Dolichopodidae	2	4.76
Formicidae	1	2.38
Geocoridae	1	2.38
Lampyridae	2	4.76
Total	42	100.00

Anexo 11: Porcentajes de familias benéficas y generales en mango

Familias generales en mango	Sumatoria	%
Acanoloniidae	1	0.20
Acrididae	12	2.46
Apionidae	25	5.12
Aranea	43	8.81
Braconidae	1	0.20
Bruchidae	2	0.41
Cantharidae	1	0.20
Cercopidae	1	0.20
Chalcididae	3	0.61
Chironomidae	2	0.41
Chrysomelidae	7	1.43
Cicadellidae	52	10.66
Coleop. No identificados	1	0.20
Culicidae	118	24.18
Curculionidae	1	0.20
Delphacidae	2	0.41
Derbidae	2	0.41
Dolichopodidae	18	3.69
Empididae	13	2.66
Formicidae	31	6.35
Formicidae (Ectatoma)	6	1.23
Formicidae (Ponerinae)	2	0.41
Fulgoridae	1	0.20
Gryllidae	4	0.82
Hesperidae	1	0.20
Hybotidae	1	0.20
Chrysopidae	1	0.20
Lepidoptera no ident.	1	0.20
Membracidae	2	0.41
Microdipteros no ident.	88	18.03
Microhym. No det.	11	2.25
Micropozidae	6	1.23
Miridae	1	0.20

Mordellidae	1	0.20
Muscoidea	1	0.20
Otitidae	1	0.20
Phoridae	6	1.23
Ptilodactylidae	4	0.82
Pyralidae	2	0.41
Scelionidae	1	0.20
Scolytidae	1	0.20
Tettigonidae	1	0.20
Tingidae	4	0.82
Tipulidae	5	1.02
Total	488	100.00
Fitófagos		70.90
Benéficos		29.10
Total		100.00
Familias benéficas en mango	Sumatoria	%
Aranea	43	30.28
Braconidae	1	0.70
Cantharidae	1	0.70
Chalcididae	3	2.11
Dolichopodidae	18	12.68
Empididae	13	9.15
Formicidae	31	21.83
Formicidae (Ectatoma)	6	4.23
Formicidae (Ponerinae)	2	1.41
Larva de Chrysopidae	1	0.70
Micropezidae	6	4.23
Microhym. No det.	11	7.75
Phoridae	6	4.23
Total	142	100.00

Anexo 12: Porcentajes de familias benéficas y generales en sorgo

Familias generales en sorgo	Sumatoria	%
Acrididae	1	0.31
Anthocoridae	4	1.24
Anthomyiidae	21	6.52
Aphididae	7	2.17
Apidae	1	0.31
Apoidea	1	0.31
Aranea	9	2.80
Bruchidae	2	0.62

Buprestidae	1	0.31
Cantharidae	6	1.86
Carabidae	1	0.31
Chalcididae	4	1.24
Chrysomelidae	16	4.97
Chrysopidae	7	2.17
Cicadellidae	18	5.59
Coccinellidae	8	2.48
Colepteros no determ.	5	1.55
Culicidae	6	1.86
Curculionidae	1	0.31
Delphacidae	4	1.24
Derbidae	12	3.73
Dolichopodidae	14	4.35
Elateridae	3	0.93
Empididae	14	4.35
Formicidae	18	5.59
Fulgoridae	2	0.62
Geocoridae	3	0.93
Lampyridae	5	1.55
Mantidae	1	0.31
Microcoleopteros	5	1.55
Microdipteros sin ident.	47	14.60
Microhymenoptero sin ident.	32	9.94
Miridae	5	1.55
Mordellidae	1	0.31
Otitidae	1	0.31
Pentatomidae	1	0.31
Reduviidae	1	0.31
Sarcophagidae	3	0.93
Staphylinidae	3	0.93
Stratiomyidae	2	0.62
Syrphidae	4	1.24
Tachinidae	1	0.31
Tettigonidae	2	0.62
Tingidae	9	2.80
Tiphiidae	1	0.31
Tipulidae	9	2.80
Total	322	100.00
Fitófagos		59.01
Benéficos		40.99

Total		100.00
Familias benéficas en sorgo	Sumatoria	%
Anthocoridae	4	3.03
Aranea	9	6.82
Cantharidae	6	4.55
Carabidae	1	0.76
Chalcididae	4	3.03
Chrysopidae	7	5.30
Coccinellidae	8	6.06
Dolichopodidae	14	10.61
Empididae	14	10.61
Formicidae	18	13.64
Geocoridae	3	2.27
Lampyridae	5	3.79
Mantidae	1	0.76
Microhymenoptero sin ident.	32	24.24
Reduviidae	1	0.76
Syrphidae	4	3.03
Tachinidae	1	0.76
Total	132	100.00

Anexo 13: Porcentajes de familias benéficas y generales en forestales

Familias generales en forestales	Sumatoria	%
Acanaloniidae	3	0.47
Acrididae	9	1.42
Alydidae	2	0.32
Aphidoidea	3	0.47
Apionidae	5	0.79
Aranea	6	0.95
Argidae	1	0.16
Berytidae	1	0.16
Blattodea	4	0.63
Braconidae	5	0.79
Bruchidae	1	0.16
Buprestidae	5	0.79
Caliphoridae	1	0.16
Chalcididae	1	0.16
Chrysomelidae	26	4.10
Chrysopidae	1	0.16
Cicadellidae	143	22.56
Coenagrionidae	1	0.16

Coccinellidae	9	1.42
Coleopteros sin ident.	1	0.16
Coreidae	2	0.32
Culicidae	2	0.32
Curculionidae	5	0.79
Delphacidae	1	0.16
Derbidae	2	0.32
Dictyophoridae	3	0.47
Dolichopodidae	26	4.10
Empididae	13	2.05
Eucharitidae	2	0.32
Eucoilidae	1	0.16
Formicidae	39	6.15
Fulgoridae	7	1.10
Gryllacrididae	11	1.74
Gryllidae	4	0.63
Hesperidae	1	0.16
Lepidoptera no ident.	5	0.79
Membracidae	1	0.16
Microdipteros no ident.	79	12.46
Microhymenopteros sin ident.	34	5.36
Miridae	58	9.15
Mordellidae	1	0.16
Ninfa de Homoptera	24	3.79
Ninfas de Pentatomidae	2	0.32
Noctuidae	1	0.16
Otitidae	1	0.16
Pentatomidae	4	0.63
Phlugis (Tettigonidae)	1	0.16
Phoridae	4	0.63
Ploiariidae	1	0.16
Psyllidae	5	0.79
Pteromalidae	1	0.16
Ptilodactylidae	26	4.10
Pyralidae	1	0.16
Pyrhocoridae	2	0.32
Reduviidae	3	0.47
Rhopalidae	5	0.79
Scolytidae	1	0.16
Scutelleridae	3	0.47
Syrphidae	1	0.16

Tettigonidae	7	1.10
Tingidae	12	1.89
Tipulidae	2	0.32
Tropiduchidae	2	0.32
Total	634	100.00
Fitófagos		76.34
Benéficos		23.66
Total		100.00
Familias benéficas en forestales	Sumatoria	%
Aranea	6	4.0
Braconidae	5	3.3
Chalcididae	1	0.7
Chrysopidae	1	0.7
Coenagrionidae	1	0.7
Coccinellidae	9	6.0
Dolichopodidae	26	17.3
Empididae	13	8.7
Eucharitidae	2	1.3
Formicidae	39	26.0
Microhymenopteros sin ident.	34	22.7
Phlugis (Tettigonidae)	1	0.7
Ploiariidae	1	0.7
Pteromalidae	1	0.7
Phoridae	4	2.7
Pyrhocoridae	2	1.3
Reduviidae	3	2.0
Syrphidae	1	0.7
Total	150	100.0

Anexo 14: Porcentajes de familias benéficas y generales en jocote

Familias generales en jocote	Sumatoria	%
Berytidae	23	3.32
Culicidae	17	2.46
Acanaloniidae	4	0.58
Acrididae	40	5.78
Alydidae	6	0.87
Anthocoridae	2	0.29
Apidae	5	0.72
Apionidae	2	0.29
Apoidea	2	0.29
Aranea	63	9.10

Bombylidae	1	0.14
Braconidae	3	0.43
Bruchidae	3	0.43
Buprestidae	1	0.14
Caliscelidae	1	0.14
Calliphoridae	2	0.29
Cantharidae	1	0.14
Carabidae	1	0.14
Cerambycidae	1	0.14
Cercopidae	13	1.88
Chalcididae	10	1.45
Chironomidae	1	0.14
Chrysomellidae	23	3.32
Chrysopidae	1	0.14
Cicadellidae	32	4.62
Cixiidae	2	0.29
Coccinellidae	1	0.14
Coreidae	4	0.58
Thyreocoridae	4	0.58
Curculionidae	5	0.72
Delphacidae	5	0.72
Derbidae	2	0.29
Dolichopodidae	77	11.13
Empididae	3	0.43
Eucharitidae	5	0.72
Formicidae	22	3.18
Fulgoridae	5	0.72
Gryllidae	3	0.43
Halictidae	3	0.43
Larva de lepid.	2	0.29
Lepid. No identificada	6	0.87
Mantidae	1	0.14
Membracidae	3	0.43
Microdiptera no ident.	84	12.14
Microhymenop no ident.	19	2.75
Micropezidae	4	0.58
Miridae	66	9.54
Neriidae	3	0.43
Otitidae	2	0.29
Pentatomidae	19	2.75
Phoridae	12	1.73

Ptilodactylidae	2	0.29
Phymatidae	2	0.29
Pieridae	2	0.29
Psyllidae	1	0.14
Pyralidae	2	0.29
Pyrhocoridae	1	0.14
Reduviidae	7	1.01
Rhopalidae	17	2.46
Sarcophagidae	1	0.14
Staphylinidae	1	0.14
Syrphidae	6	0.87
Tachinidae	1	0.14
Tenebrionidae	1	0.14
Tettigoniidae	9	1.30
Tingidae	8	1.16
Tipulidae	7	1.01
Trydactilidae	2	0.29
Vespidae	2	0.29
Total	692	100.00
Fitófagos		64.60
Benéficos		35.40
Total		100.00
Familias benéficas en jocote	Sumatoria	%
Anthocoridae	2	0.82
Aranea	63	25.71
Bombyliidae	1	0.41
Braconidae	3	1.22
Cantharidae	1	0.41
Carabidae	1	0.41
Chalcididae	10	4.08
Chrysopidae	1	0.41
Coccinelidae	1	0.41
Dolichopodidae	77	31.43
Empididae	3	1.22
Eucharitidae	5	2.04
Formicidae	22	8.98
Mantidae	1	0.41
Microhymenop no ident.	19	7.76
Micropezidae	4	1.63
Phoridae	12	4.90
Phymatidae	2	0.82

Pyrrhocoridae	1	0.41
Reduviidae	7	2.86
Syrphidae	6	2.45
Tachinidae	1	0.41
Vespidae	2	0.82
Total	245	100.00

Anexo 15: Porcentajes de familias benéficas y generales en cacao

Familias generales en cacao	Sumatoria	%
Braconidae	3	1.1
Acanaloniidae	1	0.4
Acrididae	3	1.1
Anthomyiidae	2	0.7
Apionidae	1	0.4
Aranea	24	8.9
Blattodea	2	0.7
Bruchidae	1	0.4
Chalcididae	2	0.7
Chrysomelidae	13	4.8
Chrysopidae	1	0.4
Cicadellidae	17	6.3
Coccinellidae	5	1.9
Coleoptera sin ident.	1	0.4
Coreidae	1	0.4
Thyreocoridae	23	8.6
Culicidae	3	1.1
Curculionidae	5	1.9
Cynipidae	2	0.7
Delphacidae	1	0.4
Dictyopharidae	1	0.4
Dolichopodidae	33	12.3
Empididae	2	0.7
Eucharitidae	2	0.7
Formicidae	15	5.6
Fulgoridae	4	1.5
Gryllidae	4	1.5
Gusanos	4	1.5
Heteropteros sin ident.	1	0.4
Microhymenopteros sin ident.	4	1.5
Ichneumonidae	1	0.4
Lepidopteros sin ident.	2	0.7

Membracidae	3	1.1
Microdipteros no ident.	44	16.4
Miridae	3	1.1
Ninfas de Pentatomidae	5	1.9
Nitidulidae	2	0.7
Otitidae	2	0.7
Pentatomidae	1	0.4
Phlugis(Tettigonidae)	3	1.1
Ptilodactylidae	2	0.7
Pyalidae	1	0.4
Pyrrhocoridae	1	0.4
Scutelleridae	1	0.4
Tachinidae	3	1.1
Tettigonidae	5	1.9
Tingidae	2	0.7
Tipulidae	5	1.9
Vespidae	2	0.7
Total	269	100.0
Fitófagos		62.83
Benéficos		37.17
Total		100.00
Familias benéficas en cacao	Sumatoria	%
Aranea	24	24
Braconidae	3	3
Chalcididae	2	2
Chrysopidae	1	1
Coccinellidae	5	5
Cynipidae	2	2
Dolichopodidae	33	33
Empididae	2	2
Eucharitidae	2	2
Formicidae	15	15
Microhymenopteros sin ident.	4	4
Ichneumonidae	1	1
Phlugis(Tettigonidae)	3	3
Pyrrhocoridae	1	1
Vespidae	2	2
Total	100	100