



**CARACTERIZACIÓN DE AVES, INSECTOS Y PEQUEÑOS MAMÍFEROS EN EL
ENSAYO DE SISTEMAS AGROFORESTALES EN CAFÉ DEL CATIE EN
TURRIALBA, COSTA RICA**

YULINEY PERDOMO PRADA

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
CATIE
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS-PROGRAMA DE BIOLOGÍA
Ibagué, Tolima, 2008**



**CARACTERIZACIÓN DE AVES, INSECTOS Y MAMIFEROS PEQUEÑOS EN EL
ENSAYO DE SISTEMAS AGROFORESTALES EN CAFÉ DEL CATIE,
TURRIALBA, COSTA RICA**

YULINEY PERDOMO PRADA

**Trabajo de pregrado presentado como parte de las exigencias para la obtención
del Título de Biólogo, Facultad de Ciencias, Programa de Biología de la Universidad del
Tolima**

Director

Elías De Melo Virginio, M.Sc.

Codirector

Sergio Lozada Prado, M.Sc.

**UNIVERSIDAD DEL TOLIMA
CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
CATIE**

FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS-PROGRAMA DE BIOLOGÍA

Ibagué, Tolima, 2008

ADVERTENCIA

La Facultad de Ciencias de la Universidad del Tolima, el director del trabajo y el jurado calificador, no son responsables de los conceptos ni de las ideas expuestas por el autor del presente trabajo.

Artículo 16, Acuerdo 032 de 1976 y Artículo 29, acuerdo 064 de 1991, Consejo Académico de la Universidad del Tolima.

La autora YULINEY PERDOMO PRADA, autoriza a la Universidad del Tolima la reproducción total o parcial de este documento, con la debida cita de reconocimiento de la autoría y cede a la misma universidad de los derechos patrimoniales con fines de investigación, docencia e institucionales, consagrados en el artículo 72 de la Ley 23 de 1982 y las normas que lo constituyan o modifiquen.

**ACUERDO 0066 DE 2003 DEL CONSEJO DE LA UNIVERSIDAD DEL
TOLIMA**

A handwritten signature in black ink, reading "Yuliney Perdomo". The signature is written in a cursive style with a large initial 'Y' and 'P'.

YULINEY PERDOMO PRADA

Autora

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Ibagué (10 de Diciembre del 2008)

DEDICATORIA

Al mejor biólogo y creador del universo que hizo posible un lugar tan maravilloso e inigualable.

A mis padres Henry José Perdomo, Betty Prada y mi hermana Shirly Jazmín Perdomo por todo su apoyo durante el transcurso de mis estudios.

A él hombre que ha traído felicidad a mi vida, “Freddy” quien ocupa un lugar muy importante en mi corazón.

A mis grandes amigos que con su apoyo, y amor contribuyeron a la realización de parte de mis metas.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su siempre compañía y por todas las oportunidades que me brinda cada día.

A mi comité asesor, M.Sc. Elías De Melo Virginio, M.Sc. Sergio Lozada, Dr. Fabrice De Clerck, M.Sc. Eduardo Hidalgo, por su oportuna orientación y por compartir sus experiencias como profesionales, acertada dirección y calidad humana brindada.

A Beatriz Elizondo, Freddy Mauricio Llive y Viviana Loaiza quienes con su gran colaboración y disponibilidad hicieron posible que la realización de la investigación fuera un éxito.

A los señores Arturo Ramírez, y Luis Romero y trabajadores del ensayo por su siempre colaboración y disposición durante la fase experimental de la investigación.

Al M. Sc Mario Gómez, y M. Sc Gladis Reinoso, a los Biólogos Ronald Mauricio Parra y Diana Karina Brilles por su amabilidad y valiosa colaboración en la revisión del documento.

A la profesora Carmen Elisa por su apoyo y por ser una gran motivadora para que entrara al Programa de Biología.

Al biólogo Nestor Fabian Ortiz, por su gran colaboración desde la distancia durante el desarrollo de la investigación.

A la Universidad del Tolima y al CATIE por contribuir en mi formación integral.

A cada una de las personas que me acompañaron y colaboraron durante mis estudios universitarios mil gracias.

CONTENIDO

DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
CONTENIDO	VIII
RESUMEN	XI
SUMARY	XII
ÍNDICE DE CUADROS	XIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XV
ÍNDICE DE ANEXOS	XVI
1 INTRODUCCIÓN	17
1.1 Objetivos del estudio	18
<i>1.1.1 Objetivo general</i>	18
<i>1.1.2 Objetivos específicos</i>	18
1.2 Hipótesis del estudio	19
2 MARCO CONCEPTUAL	20
2.1 El café	20
<i>2.1.1 Caficultura en Centroamérica</i>	20
2.2 Sistemas Agroforestales	21
<i>2.2.1 Especies arbóreas utilizadas en los sistemas agroforestales de Costa Rica</i>	22
<i>2.2.1.1 Poró (<i>Erythrina poeppigiana</i>)</i>	22
<i>2.2.1.2 Amarillón (<i>Terminalia amazonia</i>)</i>	22
<i>2.2.1.3 Cashá (<i>Cloroleucon eurycyclum</i>)</i>	23
2.3 Generalidades de los Mamíferos	23
<i>2.3.1 Técnicas de monitoreo de pequeños mamíferos no voladores</i>	24
2.4 Generalidades de la avifauna	26
<i>2.4.1 Técnicas de monitoreo de aves</i>	26
2.5 Generalidades de los insectos	27
<i>2.5.1 Técnicas de monitoreo de insecto</i>	28

<i>2.5.2 Generalidades de la familia Cicadellidae de la clase Insecta</i>	28
3 MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1. Descripción de área de estudio	30
<i>3.1.1 Ubicación</i>	30
<i>3.1.2 Descripción del ensayo de sistemas agroforestales en café</i>	30
3.1.2.1 Porcentaje de sombra de dosel del ensayo de sistemas agroforestales en café	32
<i>3.1.3 Descripción de los tratamientos del ensayo de sistemas agroforestales en Café para el monitoreo de pequeños mamíferos no voladores, aves e insectos</i>	33
3.2 Métodos de monitoreo	35
<i>3.2.1 Monitoreo de pequeños mamíferos no voladores</i>	35
<i>3.2.2 Monitoreo de comportamiento de aves</i>	36
<i>3.2.3 Monitoreo de insectos</i>	37
3.3 Métodos Estadísticos	38
4 RESULTADOS	40
4.1 Pequeños mamíferos no voladores	40
<i>4.1.1 Pequeños mamíferos no voladores presentes en tratamiento de árboles e insumos (orgánicos químicos) e interacción de los dos tratamientos</i>	40
4.2 Aves	41
<i>4.2.1 Actividades de Comportamiento en aves en los tratamientos con árboles e insumos</i>	42
<i>4.2.2 Preferencia de estratos</i>	44
4.3 Insectos	47
<i>4.3.1. Índices ecológicos</i>	47
4.3.1.1 Índice de diversidad de Shannon	47
4.3.1.2 Índice de dominancia de Simpson 1-D	48
<i>4.3.2 Familias de insectos encontradas según tipo de asociación árbol café y testigo a pleno sol</i>	48
<i>4.3.3 Familias de insectos tratamiento de insumos (químicos-orgánicos)</i>	49
4.4 Familia Cicadellidae	51

4.4.1 Índices Biológicos	51
4.4.1.1 Índice de diversidad de Shannon	51
4.4.1.2 Índice de dominancia de Simpson 1-D	52
4.4.2 Familia Cicadellidae en los tratamientos con árboles y insumos (químicos- orgánicos)	52
5. DISCUSIÓN	54
5.1 Pequeños mamíferos no voladores	54
5.2 Aves	55
5.3 Insectos	56
5.4 Familia Cicadellidae	57
6. CONCLUSIONES	59
7.RECOMENDACIONES	60
8.BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	72

RESUMEN

Las interacciones ecológicas presentes en sistemas agroforestales con diferentes cultivos y manejos orgánicos, permiten albergar una mayor diversidad faunística, comparados con sistemas de monocultivos donde se emplea una mayor proporción de productos químicos. En este estudio se evaluó la diversidad de aves, insectos y pequeños mamíferos presentes en tres tipos de tratamientos: sombra, insumos (químicos- orgánicos) e interacción sombra-insumos; en lotes de café (*Coffea arabica*) en un ensayo establecido en Turrialba, Costa Rica. Se muestrearon pequeños mamíferos con trampas Sherman durante trece días, aves por punto de conteo durante un mes, e insectos en trampas de caída y laminas adhesivas amarillas por tres días. Los datos fueron interpretados a través de un análisis de varianza (ANDEVA) y una prueba de comparaciones (LSD Fisher), se determinaron los índices ecológicos de Simpson y Shannon-Wiener para insectos. Estadísticamente se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos para los taxa aves e insectos, los pequeños mamíferos no presentaron diferencias significativas. Los estimadores señalaron una mayor diversidad y abundancia en las áreas de estudio con manejos de sombra y orgánicos. Los cuales, proporcionan microclimas, microhábitats y recursos (sitios de a nidación, cantidad y calidad de alimento) para la fauna silvestre encontrada. Es importante resaltar que áreas reducidas como el ensayo de sistemas agroforestales de café puede albergar un alto número especies faunísticas contribuyendo a la conservación de la diversidad.

Palabras clave: árboles, Café, Costa Rica, diversidad faunística, insumos.

SUMMARY

Ecological interactions in agroforestry systems with different managements and organic crops, allowing accommodate a greater diversity of fauna, compared with monoculture systems are used where a higher proportion of chemical products. This study assessed the diversity of birds, insects and small mammals in three types of treatments: shade, inputs (organic chemicals) and interaction shade-inputs, in batches of coffee (*Coffea arabica*) in a test established in Turrialba, Costa Rica. Small mammals were sampled with Sherman traps for thirteen days, counting birds for about a month, and insects fall into traps and sticky yellow sheets for three days. The data were interpreted through an analysis of variance (ANOVA) and a test of comparisons (Fisher LSD), identified the ecological indices of Simpson, Shannon-Wiener for insects. There were statistically significant differences between treatments for taxa birds and insects, small mammals did not show significant differences. Estimators indicated a greater diversity and abundance in the areas of study with managements of shade and organic. Which provide microclimates, microhabitats and resources (for nesting sites, quantity and quality of food) for wildlife found, it is important to note that small areas such as testing of coffee agroforestry systems can accommodate a large number faunal species contributing to with conservation.

Key words: coffee, Costa Rica, diversity of fauna, inputs, trees.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Combinación de factores para obtención de tratamientos del ensayo de sistemas agroforestales en café	31
Cuadro 2. Resumen de las prácticas de manejo en el ensayo de sistemas agroforestales en café	32
Cuadro 3. Porcentaje de sombra del dosel en el ensayo de sistemas agroforestales en Café	33
Cuadro 4: Combinación de factores para obtención de tratamientos del ensayo de sistemas agroforestales en café	34
Cuadro 5. Resumen de familias, especies y número de individuos de aves observadas en el ensayo de sistemas agroforestales en café	42
Cuadro 6. Análisis de varianza de las actividades de comportamiento de las aves en el ensayo de sistemas agroforestales en café	43
Cuadro 7. Promedio de registro de aves en 4 actividades de comportamiento según tipo de sombra en el ensayo de sistemas agroforestales en café	43
Cuadro 8. Promedio de observaciones de aves en 4 actividades de comportamiento según manejo de insumo en el ensayo de sistemas agroforestales en café	44
Cuadro 9. Análisis de varianza y medias de una prueba de LSD Fisher que presentaron diferencias significativas para los estratos utilizados por las aves en el ensayo de sistemas agroforestales en café.	45
Cuadro 10. Resúmenes de órdenes, familias, y número de ejemplares de insectos capturados el ensayo de sistemas agroforestales en café.	47

Cuadro 11. Análisis de varianza y medias de una prueba de LSD Fisher a 11 familias de los órdenes Díptera, Coleóptera, Hymenóptera, Hemíptera que presentaron diferencia significativa en el ensayo de sistemas agroforestales en café.	50
Cuadro 12. Resumen de géneros de la familia, Cicadellidae y número de ejemplares capturados el ensayo de sistemas agroforestales en café.	51
Cuadro 13. Promedio de capturas de 4 géneros de la familia Cicadellidae, según tipo de insumo, en el ensayo de sistemas agroforestales en café.	53

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Diagrama del tratamiento sombra *Chloroleucon eurycyclum* y el tratamiento de insumos medio orgánico (mo) y medio convencional (mc), en el ensayo de sistemas agroforestales en café. 35
- Figura 2. Promedio de individuos de *Oryzomys sp.* En los tratamientos del ensayo de sistemas agroforestales en café. Sombra: *Erythrina poeppigiana* (E), *Terminalia amazonia* (T) *Chloroleucon eurycyclum* (C), más las combinaciones (TC, ET, CE) Sol (SOL). Manejo: Medio Convencional (mc), Medio Orgánico (mo). 41
- Figura 3. Diversidad de especies de aves encontradas según gremio alimentario en el ensayo de sistemas agroforestales en café. (FR) frugívoros, (IF) Insectívoros-Frugívoros, (OM) omnívoro, (NI) nectívoro-insectívoro, (IA) insectívoro arbóreo, (INS) Insectívoro tipo atrapamoscas, (IS) insectívoro sotobosque, (SE) insectívoro-semillero, (RD) Rapaz-Diurna, (IC) Insectívoro-Corteza, (FIA); Frugívoro Insectívoro Arbóreo 46
- Figura 4. Índices de Shannon y Simpson 1-D hallados para insectos presentes en los 6 manejos agroforestales y el testigo en el ensayo de café. 48
- Figura 5. Promedio de 4 familias de la clase Insecta que presentaron diferencias significativas en el manejo de árboles del ensayo de sistemas agroforestales en café. Sombra: *Erythrina poeppigiana* (E), *Terminalia amazonia* (T) *Chloroleucon eurycyclum* (C), más las combinaciones (TC, ET, CE) Sol (SOL). 49
- Figura 6. Índices de Shannon y Simpson 1-D hallados para insectos presentes en los 6 manejos agroforestales y el testigo, en el ensayo de sistemas agroforestales en café. 52
- Figura 7. Valores medios de número de individuos de la familia Cicadellidae presentes en la interacción sombra- insumos: del ensayo de sistemas agroforestales en café y su testigo a pleno sol. Sombra: *Erythrina poeppigiana* (E), *Terminalia amazonia* (T) *Chloroleucon eurycyclum* (C), más las combinaciones (TC, ET, CE), Sol. 53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Diversidad de aves observadas en el ensayo de sistemas agroforestales en café del CATIE	73
Anexo 2. Resumen de gremios alimenticios y hábitats utilizado por las aves encontradas en el ensayo de sistemas agroforestales en café del CATIE.	74
Anexo 3. Diversidad de órdenes y familias de la clase Insecta encontrados con los dos métodos de captura en el ensayo de sistemas agroforestales en café del CATIE.	75
Anexo 4. Mapa de distribución espacial de los diferentes tratamientos y subtratamientos en el ensayo de sistemas agroforestales en café y su testigo a pleno sol del CATIE.	77
Anexo 5. Árboles que integran el ensayo de sistemas agroforestales en Café del CATIE	78
Anexo 6. Fotografías que muestran el desarrollo de la metodología de captura para pequeños mamíferos no voladores en el ensayo de sistemas agroforestales en café del CATIE.	79
Anexo 7. Fotografías que muestran el desarrollo de la metodología de monitoreo de aves, en el ensayo de sistemas agroforestales en café del CATIE.	80
Anexo 8. Fotografías que muestran el desarrollo de la metodología de captura e identificación de insectos en el ensayo de sistemas agroforestales en café del CATIE.	81

INTRODUCCIÓN

La expansión demográfica, la demanda alimentaria, la industrialización y los movimientos hacia áreas naturales han hecho evidente la disminución de especies asociado con la destrucción de los ecosistemas (Pimentel et ál. 1992). Las actividades agropecuarias en América Latina se encuentran limitadas por restricciones biofísicas, razón por la cual la principal causa de deforestación en la región es la expansión de la frontera agrícola (Naranjo 2003).

Starý y Pike (1999), consideran que uno de los desafíos de la producción agrícola es el mantenimiento de los elementos de biodiversidad (flora y fauna) dentro de los sistemas agrícolas. Debido a la dominancia de estos, la mayoría de las modificaciones de su manejo, pueden repercutir en la conservación de la biodiversidad (Tilman et ál. 2002, MEA 2005). Se ha demostrado que la diversidad arbórea en cultivos café, cacao, plátano es de gran interés ecológico porque protege el suelo y actúa como refugio para cierta biodiversidad como las aves migratorias y residentes, insectos, reptiles y mamíferos pequeños, los cuales pueden utilizar los árboles de sombra para su refugio, alimentación, predación y dispersión de semillas (Rice y Ward 1996, Perfecto et ál. 1997, Arellano et ál. 2005, Komar 2006).

Con respecto a la producción de café, al ser uno de los cultivos de mayor importancia para los pequeños y medianos agricultores en Centro America y Sur America tiene un impacto en la economía de muchos países de la región (Hernández et ál. 1997, Merlo 2007). Las técnicas de cultivo van desde los sistemas tradicionales donde el café crece bajo sombra en asocio con árboles de mayor altura con el fin de simular el hábitat natural, hasta los más modernos donde el café se cultiva a pleno sol (Cruz-Angón y Greenberg 2005). Este último al ser un sistema de monocultivo requiere por lo general una gran cantidad de insumos con el fin de maximizar la producción, generando: degradación del suelo, ecosistemas poco diversos, pérdida de bosque y contaminación ambiental (Rappole et ál. 2003). Con este panorama la producción de café requiere retomar las técnicas tradicionales mediante el modelo de sistemas agroforestales (SAF), que son un conjunto de técnicas de manejo de tierras que combinan el cultivo de interés con especies forestales en una forma simultánea o escalonada en tiempo y

espacio (DaMatta y Rodríguez 2007). Este sistema ha demostrado ser una alternativa de producción sana, ya que incluye manejos orgánicos y por ende contribuye a la conservación de flora y fauna para los productores de los países tropicales (CATIE 2007).

Anuque se han reportado estudios de diversidad faunística en SAF (Gallina et ál. 1996, Roubik 2002, Klein et ál. 2003, Perfecto et ál. 2004, Cruz 2004), se hace necesario realizar inventarios faunísticos que aporten mayor información sobre el estado de conservación de la biodiversidad en los sistemas agroforestales con café. En este sentido y con el propósito de entender la situación actual de la biodiversidad faunística en el ensayo de sistemas agroforestales de café del CATIE, se realizó un inventario de aves, insectos y pequeños mamíferos. Dichos estudios permitirán detectar y evaluar cambios biológicos y ecológicos, obteniendo información básica y confiable para la toma de decisiones sustentadas científicamente (Villarreal et ál. 2006), que contribuyan a la protección de la fauna y por ende a nuestra propia supervivencia.

1.1 Objetivos del estudio

1.1.1 Objetivo general

Determinar la diversidad de pequeños mamíferos no voladores, aves e insectos en seis sistemas agroforestales de café y el testigo a pleno, con manejos de insumos químicos y orgánicos en el ensayo de café del CATIE.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar y cuantificar la comunidad de pequeños mamíferos e insectos dentro del ensayo de sistemas agroforestales en café y su testigo a pleno sol.
- Comparar categorías de comportamiento en aves (alimentación, percha acicalamiento y sobrevuelo) y variables de preferencia de estrato (aire, dosel, sub-dosel y suelo) dentro del ensayo sistemas agroforestales en café y su testigo a pleno sol.
- Identificar los géneros de la familia Cicadellidae presentes en el ensayo de sistemas agroforestales en café debido a su importancia fitosanitaria.

1.2 Hipótesis del estudio

- El cultivo de café con sombra, mantiene una mayor diversidad y número de individuos de aves, e insectos y pequeños mamíferos no voladores, que el manejo de café a pleno sol.
- El manejo orgánico es un hábitat apropiado para albergar un mayor número de individuos y especies faunísticas en comparación con un manejo convencional.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 El café

El café, *Coffea arabica*, es un arbusto nativo de las tierras altas del sudoeste de Etiopía de la meseta de Boma en Sudán y del Monte Marsabit en Kenia (Anthony et al. 1987). Ha sido cultivado en Yemen desde hace cinco siglos, y se difundió al sudeste de Asia alrededor del año 1700. Poco después, las semillas de una única planta cultivada en Ámsterdam y París fueron enviadas a América Latina otras introducciones siguieron más tarde en el siglo XVIII de Yemen a Brasil, a través de la isla Bourbon (Carvalho 1946 citado por Anthony et al. 2002). Estas poblaciones dieron origen a muchos cultivares y fueron descritas como dos distintas variedades botánicas, *C. arabica var. arabica*, también llamada *C. arabica var. typica* Cramer, y *C. arabica var. Bourbon* (Krug et al. 1939 citado por Anthony et al. 2002).

Actualmente, los cultivares más utilizados en el mundo son el Mundo Novo, un híbrido entre Bourbon y Typica; el Caturra, un mutante del Bourbon y el Catuai, un híbrido entre Mundo Novo y Caturra (Anthony et al. 2002). El café se presenta como un cultivo tropical importante para los 56 países productores del tercer mundo como también para países como Estados Unidos, Europa y Japón quienes consumen el 80% del café producido (Quispe 2007).

2.1.1 Caficultura en Centroamérica

El café es cultivado principalmente bajo sombra de árboles nativos, remanentes de la vegetación original; sin embargo, el vertiginoso proceso de modernización del sistema de cultivo ha llevado a la conversión de cafetales de sombra en cafetales con sombra reducida en calidad, o cafetales con una sola especie arbórea y en el caso más extremo a cafetales sin sombra (ANACAFE 1999). Esto se debe a los múltiples procesos económicos, ecológicos y sociales, que influyeron a la vez en diversas formas de organización que han surgido en las regiones cafetaleras de Centro América, además del papel que ha desempeñado el Estado (Bertrand y Rapidel 1999). Históricamente los ciclos de altas y bajas en los precios

internacionales han generado momentos de auges y de crisis económica, sin embargo la actividad productiva persiste y sigue siendo un componente clave en la lista de rubros de los países productores (Muschler 2000, CATIE 2007).

Actualmente, ante los giros del mercado, se abre una oportunidad para los productores que se quedaron esperando mejores condiciones para intensificar su caficultura mediante la venta de un café de especialidad, el café con sombra o amigable con la biodiversidad. Recientemente se ha comprobado que los cafetales con sombra, aquellos que imitan en estructura y diversidad al bosque, porque son como una extensión de este, mantienen una significativa diversidad biológica. Existen ahí cantidades y especies similares de aves, reptiles, mamíferos, arácnidos, insectos y orquídeas a los bosques y selvas aledaños (Perfecto et ál. 1996), principalmente en áreas deforestadas, en donde los cafetales cumplen un papel de refugio. Los países del norte, preocupados por sus aves, las cuales al migrar encuentran cada vez menos hábitats en donde nidar, han promovido la apertura de un nuevo mercado, el del café de sombra, amigable con las aves o amigable con la biodiversidad, el cual tiene un potencial para contribuir a la preservación de los recursos biológicos y hábitats silvestres existentes en países como Costa Rica (Bertrand y Rapidel 1999).

2.2 Sistemas Agroforestales

La Agroforestería es una forma de cultivo múltiple en la que se cumple tres funciones fundamentales, según Somarriba (1990): *i) existe al menos dos especies de plantas que interactúan biológicamente, ii) al menos uno de los componentes es una leñosa perenne, iii) al menos uno de los componentes es manejado con fines agrícolas incluyendo pastos.*

Dentro de los sistemas agroforestales el componente arbóreo influye en variables físicas, biológicas, ambientales y químicas, entre las variables físicas están: densidad, porosidad, humedad y compactación; entre variables biológicas esta la diversidad florística y faunística; entre las variables ambientales están la regulación del microclima del cultivo que evita el desecamiento y sobrecalentamiento del suelo (Schroth et ál. 2000, Lavelle et ál. 2003) y entre variables químicas están el incremento de la materia orgánica, la capacidad de

intercambio catiónico y la disponibilidad de N, P y K por la adición de hojarasca, raíces y tallos (Sadeghian et ál. 1997). Llevando a que estos sistemas pueden verse como una alternativa para el uso y manejo de los recursos naturales en regiones tropicales y pueden ser utilizados en diferentes escalas geográficas y ecosistemas (Gliessman 2002).

2.2.1 Especies arbóreas utilizadas en los sistemas agroforestales de Costa Rica

2.2.1.1 Poró (*Erythrina poeppigiana*)

Esta especie es una leguminosa, perteneciente a la familia Papilionoidae (Fabaceae), que se distribuye en América Tropical y es frecuentemente encontrada en sistemas agroforestales (Fonseca 1968 citado por Merlo 2007), ya que es un árbol fijador de nitrógeno, por tener nodulaciones abundantes y producción de grandes cantidades de hojarasca. En América Central es una de las especies más importantes para sombra en los cafetales, valorada por su producción de abono verde y su tolerancia a podas frecuentes, en plantaciones de café proporciona una sombra homogénea y fácilmente manejable, mejora el crecimiento y la producción del café (Cordero et ál. 2003).

2.2.1.2 Amarillón (*Terminalia amazonia*)

Pertenece a la familia Combretacea, es considerada una especie promisoriosa por el alto crecimiento y producción de fustes rectos con un solo eje (Torres y Lujan 2002). Es la especie neotropical más distribuida del género y es un elemento constitutivo de los árboles emergentes de un dosel; en selvas de América Central puede alcanzar hasta 70 metros de altura, es una especie de uso forestal intensivo utilizada en planes de reforestación y como maderable (Merlo 2007).

2.2.1.3 Cashá (*Cloroleucon eurycyclum*)

El cashá es una leguminosa de la familia Mimosácea (Cordero et ál. 2003), es una especie fijadora de nitrógeno, y de alto valor comercial debido al uso como madera. La especie tiene raíces con propiedades insecticidas, una copa alta y abierta, el árbol puede llegar a medir hasta 25 m de altura, ocurre en bosques tropicales húmedos, bosques nublados y semidecíduos, en altitudes desde el nivel de mar hasta los 1500 m.s.n.m. Para Costa Rica en el único lugar donde se ha encontrado con asocio al café es en el ensayo de sistemas agroforestales en CATIE, Turrialba (Montenegro 2005).

2.3 Generalidades de los mamíferos

La variedad de ecosistemas que hay en Costa Rica permite la vida de 205 especies de mamíferos terrestres, la mitad de ellos murciélagos y 29 especies de mamíferos marinos como ballenas y delfines que son comunes en aguas costarricenses. En total hay 234 especies de mamíferos en Costa Rica (Mora 1999).

Los mamíferos son un grupo de gran éxito debido a algunas peculiaridades que han presentado evolutivamente, como su endotermia, generando calor para mantener su sangre caliente, esto les permitió un éxito mayor que otros grupos, otros factores auxiliares fueron los métodos de alimentación y el cuidado de crías (Mora 1999). Son animales de diversos tamaños que requieren diferentes ámbitos de hogar, como el jaguar y la danta que necesitan extensas áreas y son los más afectados por la reducción y pérdida de hábitats (Emmons y Feer 1999). Los pequeños mamíferos requieren menor área y constituyen uno de los mejores grupos indicadores del estado de biodiversidad debido a su heterogeneidad en cuanto a sus hábitos, estas se encuentran desde bosques primarios a sistemas heterogéneos, donde el clima, los cultivos, la intervención antrópica contribuyen a la formación de un paisaje alterado (Pardini et ál. 2005).

Entre estos pequeños mamíferos se encuentran los Cricétidos (Cricetidae) que son una familia de roedores que forma parte de la gran superfamilia Muroidea. Esta familia incluye a

los hámsters, ratas campestres, lemmings y ratones de las Américas. Con casi 600 especies, es la segunda familia de mamíferos más numerosa (Michaux 2001). La cual, tiene 5 subfamilias donde sobresale la Sigmodontinae. Estudios fósiles han reportado la presencia de este grupo en los últimos 20 millones de años en América del Norte y en los últimos 3,5 millones de años en América del Sur (Mora 1999). Algunos géneros como *Melanomys*, *Microrozomys*, *Oligoryzomys* y *Oryzomys* se encuentran actualmente en diversos hábitats en todo el continente americano (D'Elía 2005). Los pequeños mamíferos se albergan en madrigueras o grietas, debajo de troncos u otros objetos, en árboles o troncos huecos, o en nidos construidos en el suelo, en arbustos o en árboles. A pesar de tener hábitos más bien nocturnos, pueden tener costumbres diurnas y suelen mostrar actividad todos los días del año. Las hembras suelen parir varias camadas cada año, y en regiones cálidas la procreación puede producirse en forma ininterrumpida durante todo el año. Es probable que la mayoría de los individuos vivan menos de dos años; sin embargo, el éxito reproductivo de algunas especies hace que aumente en forma extraordinaria la población; después de ello sigue una disminución repentina del número de animales cuando se agota el alimento en una zona particular. Estas fluctuaciones pueden mostrar una periodicidad de tres a cuatro años en algunas especies y hábitats (Nowark 1991).

2.3.1 Técnicas de monitoreo de pequeños mamíferos no voladores

Monitorear la presencia temporal y espacial de pequeños mamíferos no voladores puede ser de gran ayuda a la hora de evaluar el estado de conservación de un bosque o un área en particular (Reid 1997). Igualmente, se debe tener en cuenta que los patrones de actividad que presenta este grupo obliga al investigador a adaptarse al ciclo de la especie o grupo a estudiarse, algo que no ocurre en otros taxa, como las aves, donde la mayoría de las especies se pueden observar tanto al atardecer como al amanecer del día, como sucede en los anfibios con alrededor de un 90% de las especies nocturnas. Por el contrario se puede decir que la actividad de la clase Mammalia cubre las 24 horas del día (Tírira 1998).

La cantidad de individuos a ser colectados depende de las necesidades particulares de la investigación y del criterio del investigador. Se considera adecuado en inventarios y colecciones ocasionales sacrificar un par de individuos por especie de cada localidad, de preferencia si son macho o hembra, tomando por igual especies comunes o raras (Arévalo 2001).

Si se va a capturar un mamífero silvestre se debe tener en cuenta dos aspectos básicos: (1) si el animal será liberado, (2) si será conservado con vida o si serán sacrificados.

Según Tírira (1998) para que la captura de un animal silvestre se justifique, debe cumplir por lo menos una de las siguientes condiciones:

- a. *Si debido al patrón de actividad, en especial animales nocturnos, se dificulta su localización y visualización, por consiguiente su estudio.*
- b. *Si el tamaño corporal de la especie o grupo a estudiarse es mediano o pequeño, lo cual impide encuentros frecuentes y certeros con el investigador.*
- c. *Si el animal presenta un extenso hábito hogareño*
- d. *Si se requiere de estudios biológicos puntuales, donde se utilizara marcaje o radiometría.*
- e. *Si pertenece a un grupo cuya sistemática y-o biogeografía es probablemente conocida.*
- f. *Si con fines de investigación y conservación es necesario mantener especies protegidas en otras zonas o para extraerles muestras para análisis.*

Algunas de las técnicas más utilizadas son los métodos de captura-recaptura con trampas tipo Sherman y Tomahawk (Santos-Filho 2006), para la estimación del tamaño poblacional y el uso del espacio en pequeños mamíferos. Estos métodos permiten obtener la

razón entre el número de individuos marcados sobre el número de individuos no marcados para determinar el tamaño poblacional.

2.4 Generalidades de la avifauna

Costa Rica es un país con una gran riqueza de especies de aves. Se han reportado 850 especies, de las cuales algunas están en peligro de extinción como el águila arpía (*Harpia harpyja*) y el halcón pechirrufo (*Falco deiroleucus*). Además es uno de los grupos de organismos relativamente bien estudiados en Costa Rica, se han identificados alrededor de 200 especies de aves migratorias, principalmente de Norte América, aunque es posible encontrar especies procedentes de lugares como Europa y Nueva Zelanda (Stiles y Skutch 2003).

El estudio de la estructura de las comunidades de aves proporciona un medio rápido, confiable y replicable de evaluación del estado de conservación de la mayoría de hábitats terrestres y acuáticos. También permite realizar comparaciones a lo largo de gradientes climáticos y ecológicos en cuanto a la riqueza, recambio y abundancia de especies. Con la información recopilada en los inventarios también se pueden documentar algunos aspectos de la historia natural de las especies como dietas, periodos reproductivos, migraciones, estructuras sociales y hábitos (Villareal et ál. 2006).

2.4.1 Técnicas de monitoreo de aves

Las aves poseen una serie de características que las hacen ideales para inventariar gran parte de la comunidad con un buen grado de certeza y así caracterizar los ecosistemas y los hábitats en que residen (Villareal et ál. 2006, Munera, 2006). Algunas de las técnicas más utilizadas son el método de conteos por puntos, el cual es un censado que proporciona índices de abundancia relativa e inventarios de especies de manera rápida y replicable. Sin embargo este método requiere un alto nivel de capacitación y constante reevaluación del personal. En el método de redes de niebla, generalmente el objetivo es maximizar el número de capturas, aunque la experiencia es siempre un factor crítico, la tasa de capturas puede ser aumentada si

se tienen en cuenta factores como la exposición a la luz solar, la vegetación adyacente y los movimientos de las aves. La configuración final de las redes y ubicación de la estación de captura dependerá del tiempo empleado en efectuar una ronda. Otro método empleado pero menos común es la búsqueda de nidos, el cual es muy intensivo y debe ser adaptado a los hábitats locales además el investigador debe familiarizarse con las especies nidificantes de la zona, su biología, su ciclo de nidificación y formas de detectar el comienzo de la nidificación.

2.5 Generalidades de los insectos

Los insectos, son componentes importantes de diversos ecosistemas y juegan roles trascendentales en ciertos procesos ecosistémicos (Kim 1993), como descomposición, movilización, polinización, alimentación de vertebrados, consumición, predación y parasitismo, siendo estas últimas actividades las que permiten la regulación de los tamaños poblacionales de otras especies. Los insectos interactúan de forma compleja con otros invertebrados y diversos organismos del suelo, tales como protozoos, bacterias y hongos (Kühnelt 1957), ayudando a la descomposición activa de materiales vegetales y animales, son esenciales para el reciclado de la materia y la movilización de nutrientes entre las capas subterráneas de suelo y las más superficiales o mantillo; permitiendo que estos sean más accesibles para las plantas (Kim 1993).

Por otra parte, muchos insectos predadores realizan un eficiente control biológico, siendo responsables de la reducción de las poblaciones de muchas plagas fitófagas (Kim 1993). La entomofauna en general desempeña un rol indispensable en la vida de los ecosistemas, contribuyendo tanto a su equilibrio como a su persistencia (Vanniére y Maurette 1995). Por otra parte, los insectos y arácnidos proveen medios fáciles, sensibles y de bajo costo para medir los efectos del estrés antropogénico en la biodiversidad y los ambientes (Kim 1993), siendo utilizadas como especies indicadoras (Lewis y Whitfield 1999). Además, pueden obtenerse muestras de gran tamaño usando métodos relativamente insesgados, tienen

tiempos de reproducción relativamente cortos y son muy sensibles a los cambios a nivel local (Werner y Raffa 2000).

2.5.1 Técnicas de monitoreo de insectos

Los insectos son un grupo de animales muy diversos que ocupando todos los ecosistemas. Por tanto exigen técnicas de capturas variadas. Al momento de organizar un relevamiento de insectos de un área particular interesa conocer la eficiencia de cada método o la combinación de más de una técnica para evaluar la diversidad de especies (Cicchino 2003). Asimismo, resulta importante emplear la técnica o la combinación de técnicas que representen la menor inversión de tiempo y recursos para optimizar tareas de relevamiento, pudiendo abarcar áreas más amplias o incluir tamaños muestrales mayores con los recursos disponibles. Algunas técnicas utilizadas son las trampas de caída, red entomológica, trampa de luz, trampas con pegamento, trampas con feromonas y captura manual y de sus combinaciones, se evalúa también el número de especies capturadas en diferentes estratos de altura y en distintas estaciones del año (Marrero 2008).

2.5.2 Generalidades de la familia Cicadellidae de la clase Insecta

La familia Cicadellidae pertenece al orden Hemiptera, suborden Auchenorrhyncha; se divide en dos tribus Cicadellini y Proconiini (Nielson 1979 citado por Pérez 2007). Gran cantidad de miembros de este grupo se alimentan de áreas de cultivos y/o plantas asociadas a los mismos (malezas), pese a ello son pocos los casos en los que causan problemas directos en las regiones tropicales. Se consideran como plaga debido a que pueden actuar como vectores de patógenos (virus, bacterias, protozoarios) y más recientemente *Graphocephala permagna* y *Erythrogonia sonora* como transmisores de la *Xylella fastidiosa* en el cultivo de café y en cítricos (Paiva et ál. 2001).

La alimentación de los Ciudadélidos se basa principalmente de la savia de las hojas y tallos de plantas, aunque reconoce que pueden tener múltiples hospederos; su mecanismo de ingreso a las plantas es por medio del estilete (una modificación de sus partes bucales chupadoras), al hacerlo se pone en funcionamiento un músculo que bombea grandes cantidades de savia de la cual extraen su alimento y energía, a la vez eliminan o excretan por el ano las sustancias que son absorbidas en exceso o que no le son útiles (Godoy, 2006). Las especies que se alimentan de savia del floema excretan un líquido azucarado y las que se alimentan de la savia del xilema excretan grandes cantidades de agua. Aquellos que se alimentan a partir del xilema se caracterizan por tener una amplia gama de hospederos y presentar una alta capacidad de asimilación de los componentes diluidos de este tejido, en particular de aminoácidos y elementos como el carbono, además de excretar grandes cantidades de amonio ya que retienen menos del 60% del nitrógeno que absorben (Redak et ál. 2004).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Descripción del área de estudio

3.1.1 Ubicación

El estudio se realizó en el Ensayo de Sistemas Agroforestales en Café, en un área aproximada de 9,2 hectáreas en la finca experimental del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), ubicado en la provincia de Cartago, Cantón Quinto Turrialba, con coordenadas 9°53'44" N y 83° 40'7" O y una elevación de 600 m.s.n.m (Merlo 2007).

La finca de CATIE se localiza en la zona de vida Bosque Premontano Muy Húmedo (bP-MH) según la clasificación de Holdridge (Jiménez 2003). Para la zona, los datos meteorológicos indican los siguientes promedios: precipitación 2651 mm/año, temperatura 21.8°C, humedad relativa de 88% y radiación solar de 16.9 Mj/m² (Merlo 2007). Los suelos se caracterizan como aluviales mixtos, Ultisol e Inceptisol, con texturas entre franco y franco-arcilloso (primeros horizontes). El relieve es de poco declive. Anteriormente el terreno en el que se encuentra el ensayo era utilizado para el cultivo de caña de azúcar, cultivo que actualmente prevalece en los alrededores del mismo (Virginio 2002).

3.1.2. Descripción del Ensayo de Sistemas Agroforestales en Café

Con el propósito de evaluar la sostenibilidad y el sinergismo en diferentes sistemas de producción para un período de 20 años, el CATIE en colaboración con UNICAFE, UNA, INTA y CIRAD (Francia) (Haggar et ál. 2001), estableció a finales del año 2000, una red de ensayos de sistemas agroforestales (SAF) de café en Nicaragua y Costa Rica. El objetivo de dichos ensayos es el estudio de las interacciones entre las diversas especies arbóreas en diferentes niveles y tipos de insumos para el manejo y la nutrición del café (Virginio 2002).

En el ensayo en Turrialba, Costa Rica; la parcela principal la constituyen seis tipos de sombra, producto del asocio con tres especies arbóreas, una especie de servicio y de uso común en cafetales (*Erythrina poeppigiana*) y dos especies maderables nativas de uso tradicional en cafetales de la zona sur de Costa Rica (*Terminalia amazonia* y *Chloroleucon eurycyclum*). Tres tratamientos se encuentran bajo monosombras y los tres restantes en asocio con dos especies arbóreas. La parcela principal está dividida en subparcelas de acuerdo al nivel de manejo (subtratamientos): convencional intensivo (AC), medio convencional (MC); orgánico intensivo (MO) y bajo orgánico (BO) (cuadro 1). Las plantas de café están sembradas a 1 m entre planta y a 2 m entre surco (5000 cafetos ha⁻¹). Los tratamientos que usan árboles como sombra del café, están sembrados en las hileras de café a una distancia mayores e iguales 4 m entre hileras y 6 m entre plantas (aproximadamente 380 árboles ha⁻¹) (Virginio 2002) (Anexo 4).

Cuadro 1. Combinación de factores para obtención de tratamientos del Ensayo De Sistemas Agroforestales en Café de Catie.

Sistemas de producción	1	2	3	4	5	6	7
Factor A tipo de asociación árbol café	<i>Erythrina poeppigiana</i>	<i>Terminalia amazonia</i>	<i>Chloroleucon eurycyclum</i>	<i>T. amazonia</i> <i>C. eurycyclum</i>	<i>T. amazonia</i> <i>E. poeppigiana</i>	<i>C. eurycyclum</i> <i>E. poeppigiana</i>	Sol
Factor B Insumos (químicos y orgánicos)	AC* MC* MO* BO*	AC MC MO BO	MO MC	MO MC	MO MC	AC MC MO BO	AC MC
Área efectiva medición de parcelas (factor A)	3954 m ²	3200m ²	1736m ²	2132 m ²	2132 m ²	3952m ²	1958 m ²
Área efectiva medición de parcelas (factor B)	36 X10 m	18 x 18 m	18 x 18 m	24 x 18 m	24 x 18 m	24 x 18 m	23 x 20

*AC, alto convencional, MC medio convencional, MO medio orgánico, BO bajo orgánico.

En el ensayo de café algunas de las prácticas más comunes es la aplicación de fertilizantes con las proporciones requeridas por cada subtratamiento, el manejo de sombra regulada, y el control de hiervas (cuadro 2).

Cuadro 2. Resumen de las prácticas de manejo en ensayo Ensayo De Sistemas Agroforestales en Café de CATIE.

Actividades	SUB PARCELAS INSUMOS (Orgánicos-Químicos)			
	AC*	MC*	MO*	BO*
Fertilizantes	fertilizantes químicos	fertilizantes químicos	Pulpa de café, gallinaza y piedra mineral molida	pulpa de café
podas	3 podas de formación Cashá. 1 poda formación Roble Coral. 3 arreglos de sombra de Poró	3 podas de formación Cashá. 1 poda formación Roble Coral. 3 arreglos de sombra de Poró	3 podas de formación Cashá. 1 poda formación Roble Coral. 3 arreglos de sombra de Poró.	3 podas de formación Cashá. 1 poda formación Roble Coral. 3 arreglos de sombra de Poró.
Manejo de hiervas	Mantenimiento de la calle y el carril libre de toda hierba con métodos químicos y desbejucos manuales	Mantenimiento de carril amplio libre de hierbas con métodos manuales y químicos, así como manejo selectivo intensivo de hierbas en la calle para cobertura conservacionista con métodos químicos y manuales.	Mantenimiento de carril amplio libre de malas hierbas con métodos manuales y manejo selectivo intensivo de hierbas en la calle para cobertura conservacionista con métodos mecánicos y/o manuales.	Mantenimiento de carril angosto libre de malas hierbas con métodos manuales y manejo selectivo poco intensivo en la calle para cobertura conservacionista con métodos mecánicos y/o manuales.

*AC alto convencional, MC medio convencional, MO medio orgánico, BO bajo orgánico.

3.1.2.1 Porcentaje de sombra o dosel del ensayo de sistemas agroforestales en café

Los datos de la cobertura del dosel de los árboles que integran el sistema agroforestal en café, se emplearon para la discusión de resultados del taxa aves, estos datos fueron tomados 15 días

antes de la realización de los monitoreos con un densiometro esférico con espejo cóncavo. El nivel superior de cobertura de sombra en el ensayo de sistemas agroforestales en café es de 63.30%. Las parcelas que presentaron mayor homogeneidad fueron: *Chloroleucon eurycyclum* (C), *C. eurycyclum* y *T. amazonia* (TC), *T. amazonia* y *E. poeppigiana* (TE). En comparación con las subparcelas que presentaron un menor porcentaje de cobertura *Erythrina poeppigiana*-Alto Convencional (E-AC) y *C. eurycyclum* y *E. poeppigiana*- Alto Convencional (CE-AC) con una cobertura de 38,28% y 42,06 % respectivamente.

Cuadro 3. Porcentaje de sombra del dosel del ensayo de sistemas agroforestales en café de CATIE

Parcela	Subparcela	% Total de cobertura de los 3 bloques
T	AC	63,30
	MC	51,55
	BO	50,21
	MO	52,20
E	AC	30,28
	MC	57,49
	BO	46,35
	MO	55,02
C	MC	51,64
	MO	61,74
TC	MC	61,13
	MO	63,12
TE	MC	59,70
	MO	60,74
CE	AC	42,06
	MC	59,74
	BO	58,14
	MO	52,38

3.1.3 Descripción de los tratamientos del ensayo de sistemas agroforestales de Café para el monitoreo de pequeños mamíferos no voladores, aves e insectos

Para esta investigación cada tratamiento tenía tres repeticiones, el primer tratamiento correspondía a las parcelas con árboles (Factor A), el segundo tratamiento las subparcelas con insumos (Factor B); donde, MC y AC se evaluaron como medio convencional (mc) y MO y

BO como medio orgánico (mo). Adicionalmente se tuvo en cuenta la interacción de estos dos tratamientos, ya que el el Factor B es una subparcela del Factor A. (Cuadro 4).

Cuadro 4: Combinación de factores para obtención de tratamientos del ensayo de sistemas agroforestales en café de CATIE.

Sistemas de producción	1	2	3	4	5	6	7
Factor A tipo de asociación árbol-café	<i>Erythrina poeppigiana</i>	<i>Terminalia amazonia</i>	<i>Chloroleucon eurycyclum</i>	<i>T. amazonia C. eurycyclum</i>	<i>T. amazonia E. poeppigiana</i>	<i>C. eurycyclum E. poeppigiana</i>	Sol
Factor B Insumos (químicos y orgánicos)	mo* mc*	mo mc	mo mc	mo mc	mo mc	mo mc	mc
Trampas Sherman Pequeños mamíferos (Factor A)	16	16	8	8	8	16	8
Monitoreo de aves, punto de conteo (Factor A)	4	4	2	2	2	4	2
Trampas de caída (factor A)	16	16	8	8	8	16	8
Trampas Laminas amarillas (factor A)	4	4	2	2	2	4	2

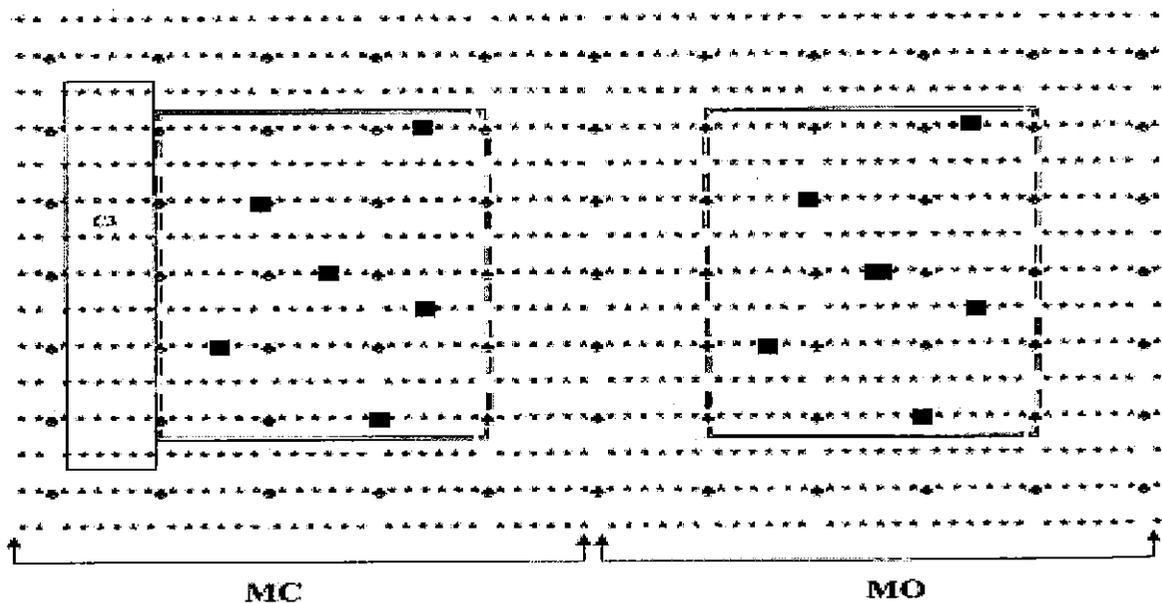
*(mc) medio convencional, (mo) medio orgánico.

3.2 Métodos de monitoreo

3.2.1 Monitoreo de pequeños mamíferos no voladores

Para el monitoreo de pequeños mamíferos se siguió las técnicas propuestas por Tirira (1998) y Voss et ál. (2001) donde los individuos son capturados, procesados y luego dejados en libertad. Se utilizaron 240 trampas tipo Sherman (10.2 x 11.4 x 38 cm). En el tratamiento con árboles, en 3 de los sistemas agroforestales se colocaron 16 trampas y en los 3 restantes y el testigo a pleno sol se dispusieron 8 trampas (Cuadro 4). En el tratamiento con insumos al ser subparcelas del tratamiento con sombra se encontraban 8 y 4 trampas respectivamente. Las trampas se ubicaron en las base de árboles y café y se distribuyeron en transectos zig-zag a una distancia promedio de 5 m de la más próxima (Grafica 1).

Figura 1. Diagrama del tratamiento sombra *Chloroleucon eurycyclum* y el tratamiento de insumos medio orgánico (mo) y medio convencional (mc), en el ensayo de sistemas agroforestales en café.



♣ *Chloroleucon eurycyclum*, * *Coffea arabica*, MC (mc) medio convencional, MO (mo) medio orgánico.

■ Ubicación de trampas Sherman para pequeños mamíferos, y trampas de caída para insectos.

□ Ubicación de puntos de conteo para aves y trampas adhesivas laminas amarillas para insectos.

El cebo utilizado estuvo formulado a base de una mezcla de mantequilla de maní, banano fresco, semillas de girasol, avena en hojuelas y esencia de vainilla, formando pelotas pequeñas y cubriéndolas con papel higiénico para facilitar el manejo y evitar su deformación. El monitoreo de las trampas se realizó durante 13 días consecutivos del mes de junio del año 2008 en las primeras horas del día (06:00 a 10:00 horas). Las trampas que se encontraban cerradas se verificaron la presencia de individuos. Luego se limpiaba para quitar la orina, heces y restos de comida que dejaba el individuo. Inmediatamente, se colocaba un nuevo cebo y se dejaba la trampa en el mismo punto de muestreo. Para el caso de las trampas donde no había ninguna captura se controlaba el ajuste de la trampa y se cambiaba el cebo todos los días, porque, en la mayoría de los casos este se encontraba consumido por hormigas o fermentado.

Posteriormente se realizaba la toma de datos de transecto (punto de muestreo y número de trampa) medidas morfométricas, peso, sexo, longitud de cuerpo (desde el ano hasta la punta de la nariz), longitud de pata trasera (desde el extremo del talón hasta la punta del dedo mas largo) y longitud de cola. La identificación de los individuos se realizó mediante el uso de las claves especializadas de Reid (1997) y Emmons y Feer (1999).

3.2.2 Monitoreo de comportamiento de aves

La metodología base que se utilizó para el monitoreo del comportamiento de aves fue la del Manual de Inventarios de Biodiversidad del Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt de Colombia (Villarreal et ál. 2006); para este estudio se adaptaron algunas categorías de comportamiento como: alimentación, acicalamiento, percha y sobrevuelo; además se evaluó preferencia de sustrato: aire, suelo, árboles y café; registrando la presencia de individuos en cada uno de los tratamientos. La identificación de las especies se realizó con la Guía de Aves de Costa Rica (Stiles y Skutch 2003) y la guía de aves de Norte América (Duna y Alderfer 2002). El inventario de especies encontradas está de acuerdo a la lista oficial de Aves de Costa Rica (Obando et ál. 2006).

Los tratamientos con árboles e insumos se evaluaron en tres grupos, el primer grupo estuvo conformado por *Erythrina poeppigiana* (E), *Terminalia amazonia* (T) y la combinación de sombra *Terminalia amazonia-Erythrina poeppigiana* (TC); el segundo grupo por *Chloroleucon eurycyclum* (C) y las combinaciones *Chloroleucon eurycyclum-Erythrina poeppigiana* (CE), y *Erythrina poeppigiana-Terminalia amazonia* (ET) y el ultimo grupo por el testigo a pleno Sol. Para cumplir con las horas de esfuerzo de muestreo, asumiendo los tratamientos con insumos como subparcelas del tratamiento con sombra. Cada grupo se monitoreó 2 días consecutivos, las observaciones se realizaron del 1 de julio al 2 de agosto del año 2008, en las primeras horas de la mañana (5:00 a 9:30 horas), el tiempo de observación fue de 10 minutos por punto de conteo (Figura 1, Cuadro 4).

3.2.3 Monitoreo de insectos

Para la captura de insectos se utilizaron dos estrategias de monitoreo; trampas de caída, para insectos terrestres (Henriquez y Serrano 1984, Andrews y Caballero 1995) y laminas adhesivas amarillas para insectos voladores (Ramos 2008). Cada trampa de caída consistía en un vaso plástico de 6 cm de diámetro por 6 cm de profundidad al cual es enterrado a nivel de suelo, como agente retenedor se utilizo agua con jabón y disimulado con material vegetal. Las trampas de láminas adhesivas amarillas median 13 cm de largo por 20 cm de ancho, se ubicaron en el centro del área útil, a una altura de 1 m del suelo, donde el ejemplar al ser interceptado en el vuelo o atraído por el color era fijado en la lámina (Anexo 7A).

En el tratamiento con árboles en 3 de los sistemas agroforestales se colocaron 16 trampas de caída y 4 trampas láminas adhesivas amarillas; en los 3 restantes y el testigo a pleno sol se ubicó 8 trampas de caída y 2 láminas adhesivas amarillas (Cuadro 4). En el tratamiento con insumo al ser subparcelas del tratamiento con árboles se encontraban 8 y 4 trampas para las subparcelas de mayor área y 4 y 2 trampas para las subparcelas de menor área (Grafica 1). El monitoreo de insectos se realizó del 11 al 13 de agosto del año 2008. Las trampas se dejaron por un periodo de 72 horas continuas; transcurrido el tiempo de muestreo, se colectaron los ejemplares, los capturados en trampas láminas adhesivas amarillas se

almacenaron en un refrigerador y los capturados en trampas de caída se conservaron en alcohol del 70% para su identificación en el laboratorio de Entomología del CATIE.

Los especímenes se revisaron con ayuda de un estereoscopio y se clasificaron a nivel de familia, la familia Cicadellidae se clasificó hasta el nivel de género por su importancia fitosanitaria en el café, (Rodríguez 2002). Para las determinaciones taxonómicas se utilizaron descripciones y claves de Borrór yWhite (1970), Henríquez y Serrano (1984), Andrews y Caballero (1995).

3.3 Métodos Estadísticos

El experimento fue conducido bajo un diseño de parcelas divididas repetidas en bloques completos al azar. En las parcelas principales se establecieron siete sistemas de producción que constituyen tipo de asociación árbol café, más pleno sol (Factor A), cada parcela principal esta subdividida en parcelas secundarias o subparcelas por grado de manejo e insumo (Factor B). Los siete sistemas de producción están presentes en los tres bloques sin embargo, los tratamientos de manejo e insumo no están en todas las parcelas principales, por lo que el diseño de tratamientos para el efecto de esta investigación es un factor incompleto en bloques completos aleatorizados en tres repeticiones.

Las variables analizadas en el diseño estadístico: pequeños mamíferos no voladores, aves (actividad de comportamiento y preferencia de sustrato), insectos y géneros de la familia Cicadellidae fueron interpretados a través de un análisis de varianza (ANDEVA) y una prueba de comparaciones (LSD Fisher), los datos fueron corridos en el programa estadístico InfoStat transformados a rangos para el cumplimiento de supuestos.

El análisis del experimento el modelo estadístico utilizado para el ANDEVA fue el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} + s_k + s\tau_{jk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

y_{ijk} Variable dependiente

μ Media general

β_i Efecto del i -ésimo bloque

τ_j Efecto del j -ésimo tratamiento

ε_{ij} Término de error

s_k Efecto del k -ésimo sub-tratamiento

$s\tau_{jk}$ Efecto de interacción del k -ésimo sub-tratamiento y el j -ésimo tratamiento

ε_{ijk} Término de error aleatorio

Se calcularon los índices de diversidad de Sahonnon-Winer y dominancia de Simpson para la comparación de la taxa de insectos, y los géneros de la familia Cicadellidae, en los 6 sistemas agroforestales y el testigo a pleno sol de café, en el tratamiento sombra y medio orgánico y medio convencional para el tratamiento insumos.

4. RESULTADOS

4.1 Pequeños mamíferos no voladores

En el ensayo de sistemas agroforestales con café y su testigo a pleno sol del CATIE, se encontró una especie del género *Oryzomys*. Con un esfuerzo de captura de 3120 noches-trampa y un éxito de 2.98% (93 capturas /3120 noches-trampa). Para un total de 93 capturas y 52 individuos capturados de los cuales se recapturaron 41 individuos. Se encontraron 23 hembras y 25 machos, 4 individuos no fueron sexados.

4.1.1 Pequeños mamíferos no voladores presentes en tratamiento de árboles e insumos (Orgánicos-Químicos) e interacción de los dos tratamientos

Estadísticamente los datos analizados no presentaron diferencias significativas entre los 6 manejos agroforestales y el testigo a pleno sol del tratamientos árboles ($p = 0.4812$) y el tratamiento de insumo ($p = 0.9075$). No obstante, se observó cierta tendencia grafica hacia mayores capturas totales en el manejo de árboles con *Chloroleucon eurycyclum* (media 1.67), nivel de insumo orgánico (media 1.03) y en la interacción sombra-insumo *Chloroleucon eurycyclum*-orgánico (media 2.67) (Figura 2).

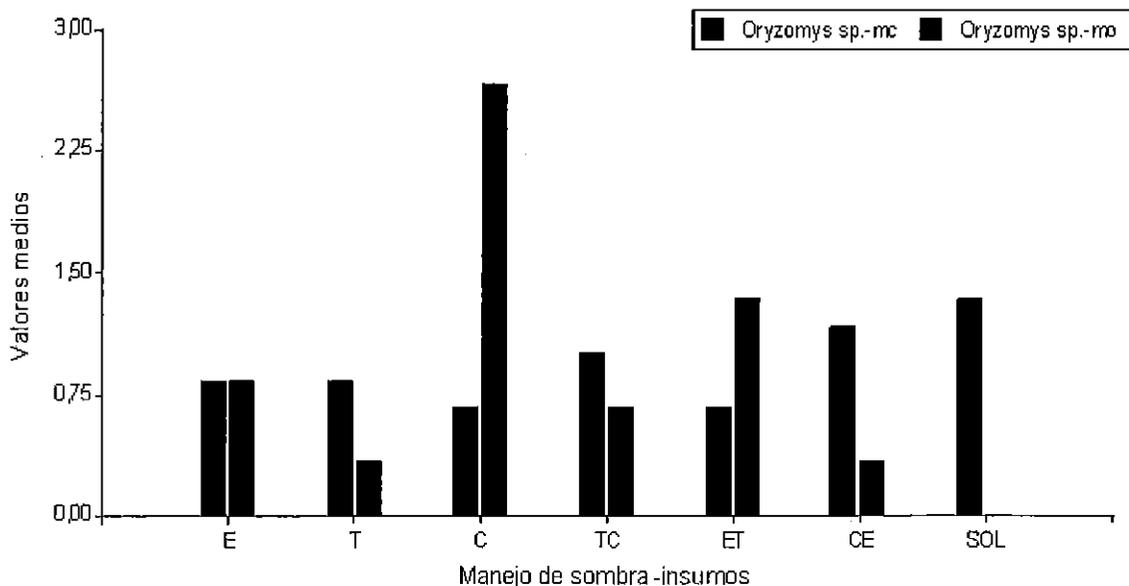


Figura 2. Promedio de individuos de *Oryzomys sp.* En los tratamientos del ensayo de sistemas agroforestales en café. Sombra: *Erythrina poeppigiana* (E), *Terminalia amazonia* (T) *Chloroleucon eurycyclum* (C), más las combinaciones (TC, ET, CE) Sol (SOL). Manejo: Medio Convencional (mc), Medio Orgánico (mo).

4.2 Aves

En el ensayo de sistemas agroforestales con café y su testigo a pleno sol del CATIE, se observaron 434 aves, correspondientes a 29 especies y 19 familias (Anexo 1). Dos familias estuvieron representadas por más de 3 especies, siendo Thraupidae (s = 4) y Tyrannidae (s= 4) las familias con el mayor número de especies registrada (Cuadro 5).

Cuadro 5. Resumen de familias, especies y número de individuos de aves observadas en el ensayo de sistemas agroforestales en café

Familia	Número de especies	Número de observaciones de individuos
Accipitridae	1	10
Apodidae	1	3
Cardinalidae	1	4
Cathartidae	1	8
Corvidae	1	17
Emberizidae	2	54
Furnariidae	1	1
Hirundinidae	2	13
Icteridae	2	17
Parulidae	1	45
Picidae	1	7
Psittacidae	1	28
Ramphastidae	1	3
Sylviidae	1	1
Thraupidae	4	35
Trochilidae	3	74
Troglodytidae	1	55
Turdidae	1	14
Tyrannidae	4	45

4.2.1 Actividades de Comportamiento en aves en los tratamientos con árboles e insumos

El análisis de varianza de las actividades de comportamiento en las aves mostró diferencia significativa en el tratamiento de árboles en los 6 tipos de asociación árbol café y el testigo a pleno sol para las variables perchar ($p = 0.0267$) y sobrevuelo ($p = 0.0435$). Con respecto al tratamiento manejo de insumos, medio orgánico y medio convencional, las variables alimentación ($p = 0.0062$), perchar (0.0039) y sobrevuelo (0.0462) presentaron diferencias significativas. La interacción entre árboles e insumos no presentó diferencia significativa para ninguna de las variables (Cuadro 6).

Cuadro 6. Análisis de varianza de las actividades de comportamiento de las aves en el ensayo de sistemas agroforestales en café

Tratamientos e interacción	Actividades de comportamiento			
	Alimentación	Acicalamiento	Percha	Sobre vuelo
Sombra y testigo a pleno Sol	0.2373	0.1816o	0.0267	0.0435
Insumos	0.0062	0.3936	0.0039	0.0462
Interacción	0.1959	0.2444	0.9407	0.9208

En negrita variables que resultaron significativas en el análisis estadístico con $p < 0.05$.

Se observó individuos perchando en los 6 manejos con sombra, con una preferencia por especie arbórea *Terminalia amazonia* sola y combinada con *Chloroleucon eurycyclum* y con *Erythrina poeppigiana* (media 3.67) en comparación con el testigo a pleno sol donde se observó menor número de individuos perchando (media 0.33). En la variable sobrevuelo se presentó mayor actividad en *Terminalia amazonia* (media 2.83) y *Chloroleucon eurycyclum* (media 2.33) y una menor actividad en el testigo a pleno sol (media 0.50) y *Erythrina poeppigiana* (media 1.08) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Promedio de registro de aves en cuatro actividades de comportamiento según tipo de sombra en el ensayo de sistemas agroforestales en café

Árboles	Actividades de comportamiento			
	Alimentación	Acicalamiento	Percha	Sobre vuelo
<i>Erythrina poeppigiana</i> (E)	2.08 a	1.08 a	2.58 b	1.08 a
<i>Terminalia amazonia</i> (T)	2.75 a	0.83 a	3.00 b	2.83 c
<i>Chloroleucon eurycyclum</i> (C)	1.50 a	0.33 a	2.83 b	2.33 b
C×E	1.58 a	0.75 a	2.58 b	1.50 b
T×C	2.00 a	0.67 a	3.67 b	1.50 b
E×T	2.83 a	0.50 a	3.67 b	1.50 b
Pleno Sol	0.83 a	0.00 a	0.33 a	0.50 a

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) con una prueba LSD Fisher.

Los datos analizados para el tratamiento manejo de insumos presentaron diferencia significativas para las variables, alimentación ($p = 0.0062$), perchar, ($p = 0.0039$) y sobrevuelo ($p = 0.0462$). Se registró mayor número de individuos realizando estas actividades en el medio

orgánico. En comparación con el medio convencionales se presentó menor número de individuos realizando estas actividades comportamentales. Con respecto acicalamiento ($p = 0.3936$) los datos no presentaron diferencia significativa (Cuadro 8).

Cuadro 8. Promedio de observaciones de aves en 4 actividades de comportamiento según manejo de insumo en el ensayo de sistemas agroforestales en café.

Tratamiento Insumos	Actividades de comportamiento			
	Alimentación	Acicalamiento	Percha	Sobrevuelo
Medio Convencional	1.61 a	0.61 a	1.92 a	1.45a
Medio Orgánico	2.56 b	0.63 a	3.69 b	1.97 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con una prueba de LSD Fisher.

4.2.2 Preferencia de estratos

Para el tratamiento árboles, los 6 sistemas agroforestales y el testigo a pleno sol en café no presentó diferencias significativas en cuanto a los estratos aire ($p = 0.0586$), dosel ($p = 0.0730$), café ($p = 0.7858$) y suelo ($p = 0.7775$). En el medio orgánico y convencional hubo diferencia significativa para los estratos aire ($p = 0.0116$), dosel ($p = 0.0001$) y suelo ($p = 0.0004$) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza y medias de una prueba de LSD Fisher que presentaron diferencia significativa para los estratos utilizados por las aves en el ensayo de sistemas agroforestales de café

Estrato	Estratos utilizados por las Aves según tipo de Insumo				
	valor P				Medias
Aire	0.0116	mc	1.26 a	mo	2.22 b
Dosel	0.0001	mc	2.50 a	mo	4.67 b
Sub-dosel(Café)	0.3478	mc	1.33 a	mo	1.56 a
Suelo	0.0004	mc	0.58 a	mo	1.11 b

En negrita variables que resultaron significativas en el análisis de varianza con $p < 0,05$. Y comparación de medias con una prueba de LSD Fisher.

4.2.3 Diversidad de aves por gremios alimenticios

En el ensayo de sistemas agroforestales con café se encontró una diversidad de 12 gremios alimenticios de aves de acuerdo a la clasificación de Naranjo (1994), donde el grupo de los frugívoros (FR) fue el de mayor representación con 6 especies, *Aratinga finschi*, *Ramphastos sulfuratus*, *Ramphocelus passerinii*, *Tangara larvata*, *Thraupis episcopus*, *Thraupis palmarum*. Seguido de Insectívoros-Frugívoros (IF) con 4 especies, *Geothlypis sp*, *Polioptila sp*, *Mionectes oleagineus*, *Todirostrum cinereum*. Los gremios que presentaron una especie fueron Rapaz-Diurna (RD), *Buteo magnirostris* Carroñero (CA), *Coragyps atratus* Insectívoro-Corteza (IC) *Melanerpes hoffmannii* y Frugívoro Insectívoro Arbóreo (FIA) *Saltator sp*. (Figura 3).

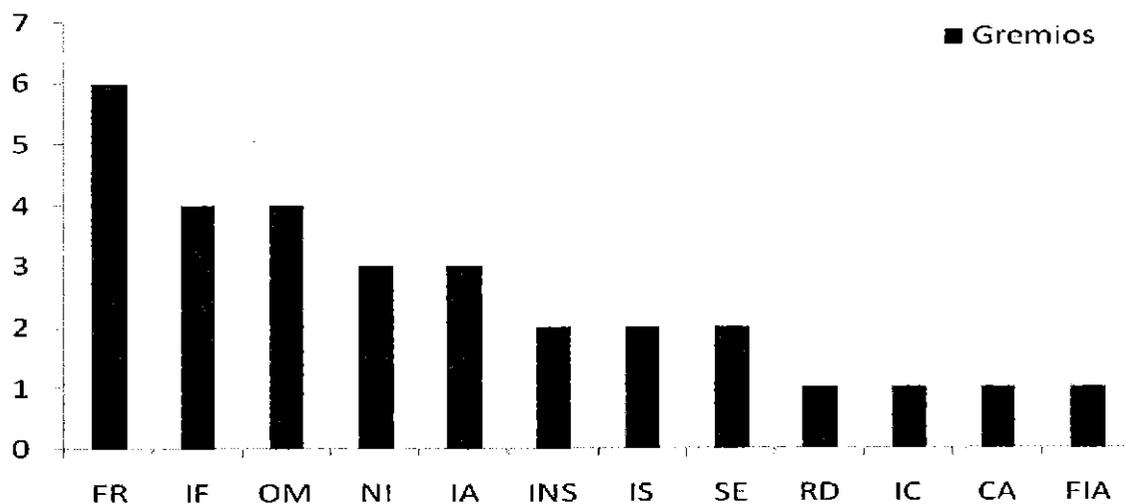


Figura 3. Diversidad de especies de aves encontradas según gremio alimenticio en el ensayo de sistemas agroforestales en café. (FR) frugívoros, (IF) Insectívoros-Frugívoros, (OM) omnívoro, (NI) nectívoro-insectívoro, (IA) insectívoro arbóreo, (INS) Insectívoro tipo atrapamoscas, (IS) insectívoro sotobosque, (SE) insectívoro-semillero, (RD) Rapaz-Diurna, (IC) Insectívoro-Corteza, (FIA); Frugívoro Insectívoro Arbóreo

Los datos analizados para los gremios alimenticios presentaron diferencia significativa para el tratamiento insumos, donde se encontró preferencia por el manejo orgánico para las variables frugívoro ($p = 0.0011$), omnívoro ($p = 0.0482$) e insectívoro ($p = 0.0128$) (Figura 3).

Los individuos pertenecientes al gremio semilleros presentaron preferencia por la interacción árboles e insumos *Chloroleucon eurycyclum- Erythrina poeppigiana* con Medio Orgánico (mo) ($p = 0.0094$).

4.3 Insectos

En ensayo de sistemas agroforestales con café y su testigo a pleno sol del CATIE, se colectaron 5,165 ejemplares de la clase Insecta, correspondientes a 38 familias y 8 órdenes. Los órdenes que presentaron mayor diversidad fueron Díptera (15 familias) y Coleóptera (11 familias). En comparación con Blattaria, Homoptera y Ortóptera que solo presentaron una familia (Cuadro 10).

Cuadro 10. Resúmenes de órdenes, familias, y número de ejemplares de insectos capturados el ensayo de sistemas agroforestales en café

ÓRDEN	Número de Familias	Número de individuos
Díptera	15	3055
Coleóptera	11	327
Hymenóptera	5	1312
Thysanóptera	2	55
Hemíptera	2	333
Blattaria	1	30
Ortóptera	1	37
Homóptera	1	16

4.3.1. Índices ecológicos

4.3.1.1 Índice de diversidad de Shannon

Para la clase insecta, el tratamiento con árboles, en el sistema agroforestal *Erythrina poeppigiana* presentó el valor más alto ($H' = 2.858$) y el tratamiento con *Chloroleucon eurycyclum* ($H' = 1.509$) presentó el menor valor (Figura 4).

4.3.1.2 Índice de dominancia de Simpson 1-D

Para la clase insecta el valor de dominancia mayor se encontró en el tratamiento árboles, con el sistema agroforestal *Chloroleucon eurycyclum* ($\lambda = 0.6096$) y el tratamiento con *Erythrina poeppigiana* ($\lambda = 0.9059$) presento el menor valor (Figura 4).

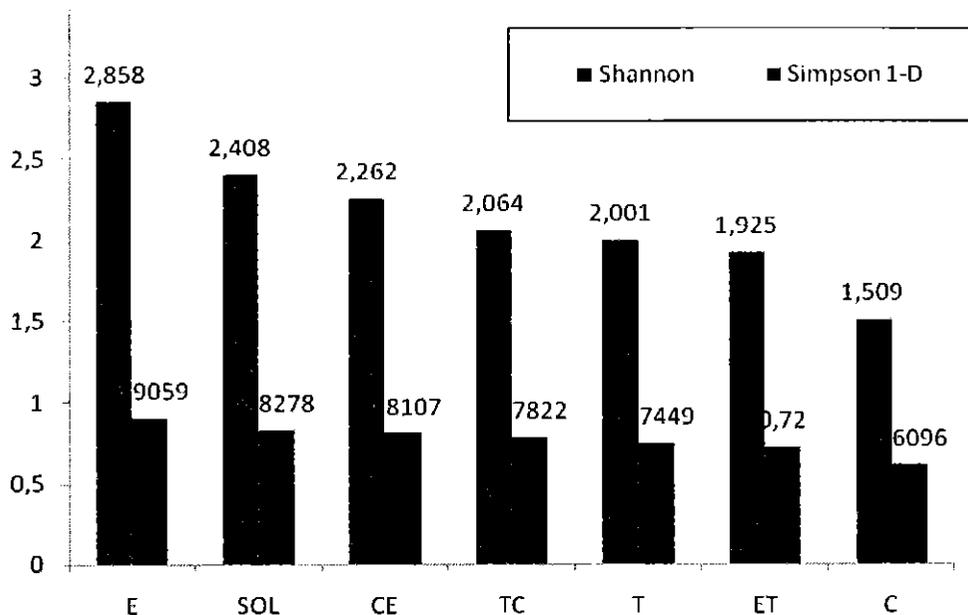


Figura 4. Índices de Shannon y Simpson 1-D hallados para insectos presentes en los 6 manejos agroforestales y el testigo en el ensayo en café.

4.3.2 Familias de insectos encontradas según tipo de asociación árbol café y testigo a pleno sol

Las familias de los órdenes Díptera, Coleóptera y Hemíptera presentaron diferencias significativas para el tratamiento árboles. Drosophilidae ($p = 0.0140$) y Tipulidae ($p = 0.0004$) del orden Díptera presentaron mayor número en la combinación *Erythrina poeppigiana* - *Chloroleucon eurycyclum* (media 8.08) y testigo a pleno sol (media 1.50) respectivamente. La familia Tenebrionidae ($p = 0.0362$) del orden Coleóptera presentó la mayor cantidad individuos en el manejo con sol (media 2.17). La única familia registrada del orden

Hemíptera, Reduviidae ($p= 0.0280$) presento preferencia por el manejo *Erythrina poeppigiana* (media 1.33) (Figura 5).

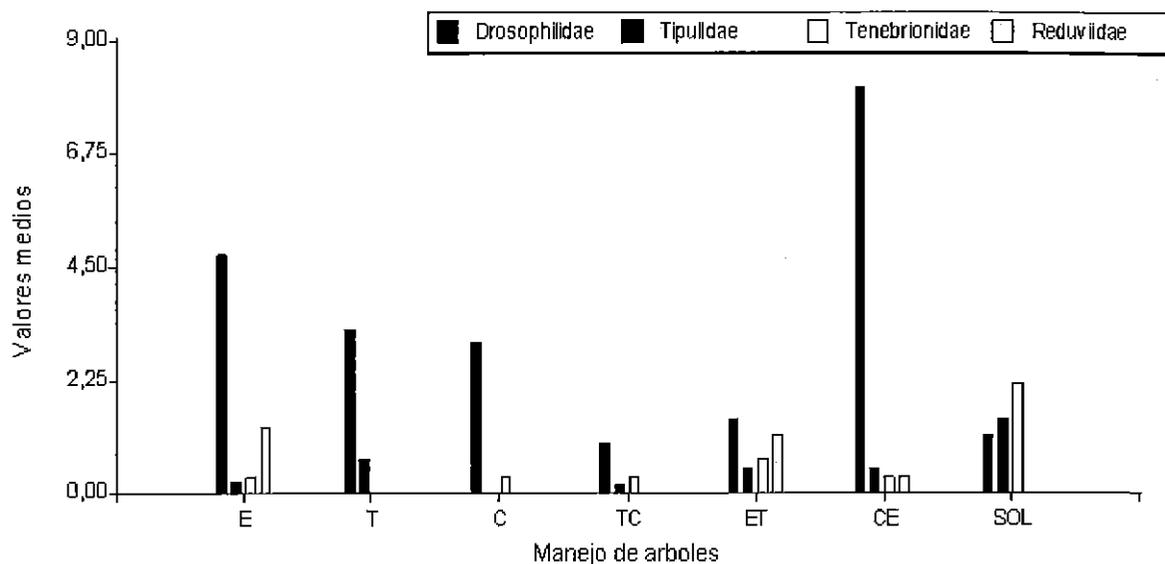


Figura 5. Promedio de 4 familias de la clase Insecta que presentaron diferencias significativas en el manejo de árboles del ensayo de sistemas agroforestales en café del CATIE. Sombra: *Erythrina poeppigiana* (E), *Terminalia amazonia* (T) *Chloroleucon eurycyclum* (C), más las combinaciones (TC, ET, CE) Sol (SOL).

4.3.3 Familias de insectos tratamiento de insumos (químicos-orgánicos)

Los órdenes Díptera, Coleoptera, Hymenoptera y Hemíptera presentaron preferencias por el tratamiento de insumos con orgánicos (mo). Donde Díptera fue el mayor representado con 4 familias, Drosophilidae ($p = 0.0191$), Micropezidae ($p = 0.0242$), Muscidae ($p = 0.0354$) y Ulidiidae ($p = 0.0379$). Seguido de Coleoptera con 3 familias Languridae ($p = 0.0097$), Staphylinidae ($p = 0.0478$) y Elateridae ($p = 0.0078$). Hymenoptera con 2 familias Apidae ($p = 0.0009$) y Formicidae ($p = 0.0001$). Hemíptera ($p = 0.0001$) con la familia Cicadellidae (Cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis de varianza y medias de una prueba de LSD Fisher a 11 familias de los órdenes Díptera, Coleóptera, Hymenóptera, Hemíptera que presentaron diferencia significativa en el ensayo de sistemas agroforestales en café

Orden	Familias de Insectos que presentaron diferencias significativas			
	Familia	valor P	Sustrato	Media
Diptera	Drosophilidae	0.0191	mo	4.58
	Micropezidae	0.0242	mo	1.61
	Muscidae	0.0354	mo	2.67
	Mycetophilidae	0.0379	mo	0.33
	Ulidiidae	0.0147	mo	1.89
	Languridae	0.0097	mo	0.28
Coleoptera	Staphylinidae	0.0478	mo	0.19
	Elateridae	0.0078	mo	0.33
Hymenoptera	Apidae	0.0009	mo	2.47
	Formicidae	0.0001	mo	29.11
Hemíptera	Cicadellidae	0.0001	mo	8.28

VARIABLES QUE RESULTARON SIGNIFICATIVAS EN EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO CON $p < 0,05$. CON UNA PRUEBA DE LSD FISHER.
mo, medio orgánico.

Con respecto a la interacción árboles e insumos las familias que presentaron diferencias significativas fueron Dolichopodidae ($p = 0.0202$) con preferencia por *Erythrina poeppigiana*- *Terminalia amazonia* con medio orgánico; Clusiidae ($p = 0.0241$) con preferencias por *Chloroleucon eurycyclum* con medio orgánico y la familia Reduviidae ($p = 0.0287$) *Erythrina poeppigiana* -*Terminalia amazonia* con medio convencional.



4.4 Familia Cicadellidae

En el ensayo de sistemas agroforestales con café y su testigo a pleno sol se capturaron en láminas adhesivas amarillas 306 ejemplares de la familia Cicadellidae representados en 12 géneros, donde *Graphocephala* presentó la mayor riqueza con 149 individuos seguido de *Fusigonalia* con 74 individuos comparado con *Ladoffa* y *Serpa* en donde solo se capturó un individuo (Cuadro 12).

Cuadro 12. Resumen de, géneros de la familias, Cicadellidae y número de ejemplares capturados el ensayo de sistemas agroforestales en café.

Géneros	Familia	Numero de individuos colectados
<i>Graphocephala</i>		149
<i>Fusigonalia</i>		74
<i>Empoasca</i>		35
<i>Plesiommata</i>		27
<i>Macugonalia</i>		5
<i>Erythrogonia</i>		4
<i>Oncometopia</i>		3
<i>Tylozigus</i>		3
<i>Macumolla</i>		2
<i>Stephanolla</i>		2
<i>Ladoffa</i>		1
<i>Serpa</i>		1

4.4.1 Índices Biológicos

4.4.1.1 Índice de diversidad de Shannon

Para este índice los Cicadélidos en el tratamiento con árboles, el sistema agroforestal con *Chloroleucon eurycyclum-Erythrina poeppigiana* presentó el mayor valor ($H' = 1.676$) y el tratamiento que presentó el menor valor fue Pleno sol ($H' = 0,3046$) (Figura 6).

4.4.1.2 Índice de dominancia de Simpson 1-D

Los cicadelidos en el tratamiento de árboles presentaron el valor de dominancia más alto para el testigo pleno sol ($\lambda = 0.1653$) y el menor valor se presentó en el sistema *Chloroleucon eurycyclum-Erythrina poeppigiana* ($\lambda = 0.7663$) (Figura 6).

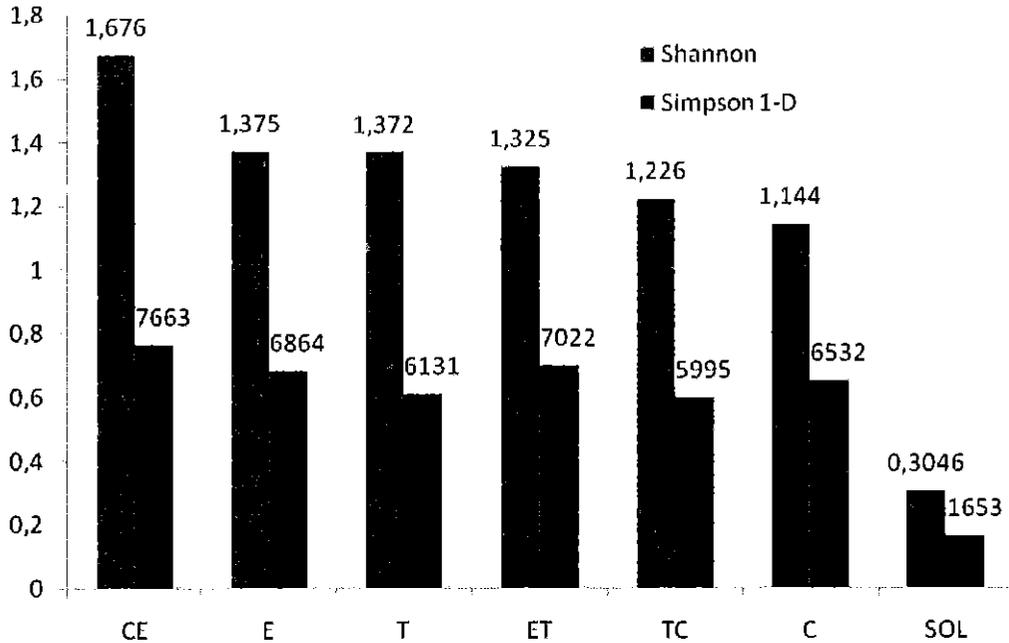


Figura 6. Índices de Shannon y Simpson 1-D hallados para insectos presentes en los 6 manejos agroforestales y el testigo en el ensayo en café.

4.4.2 Familia Cicadellidae en los tratamientos con árboles y insumos (químicos-orgánicos)

El género *Empoasca* fue el único que presentó diferencia significativa en el manejo de árboles ($p = 0.0453$) prefiriendo el manejo con *Chloroleucon eurycyclum* (Media, 1.67), comparado con el manejo a pleno sol donde no se encontró ningún individuo. Para el manejo de insumos los géneros que presentaron diferencias significativas fueron *Fusigonalia* ($p = 0.0413$), *Graphocephala* ($p = 0.0005$), *Plesiommata* ($p = 0.0338$), *Macugonalia* ($p = 0.0332$). Prefiriendo el manejo orgánico (Cuadro 13)

Cuadro 13. Medias de 4 géneros de la familia Cicadellidae, según tipo de insumo, en el ensayo de sistemas agroforestales en café

Insumos	Géneros de la familia Cicadellidae			
	<i>Macugonalia</i>	<i>Graphocephala</i>	<i>Plesiommata</i>	<i>Fusigonalia</i>
Medio Orgánico (mo)	0,22 a	3,92 a	0,89 a	2,00 a
Medio Convencional (mc)	0,00 b	1,86 b	0,21b	0,86 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) con una prueba LSD Fisher.

En cuanto a la interacción árboles e insumos estadísticamente no hubo diferencia significativa, pero gráficamente se observa una tendencia a preferir los manejos orgánicos con *Erythrina poeppigiana-Terminalia amazonia* y *Terminalia amazonia-Chloroleucon eurycyclum* (Figura 7)

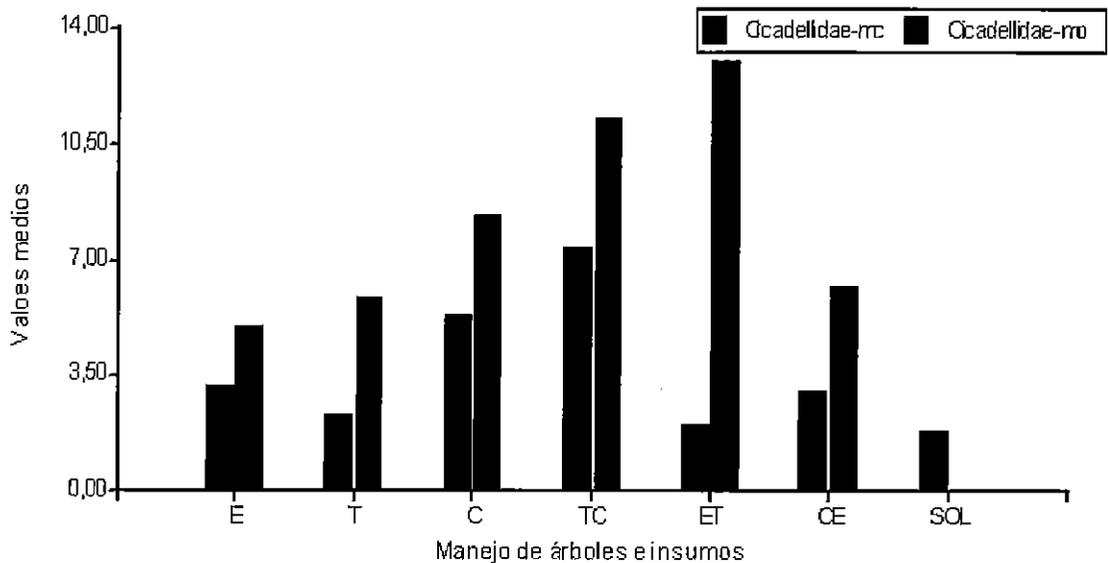


Figura 7. Valores medios de número de individuos de la familia Cicadellidae presentes en la interacción sombra- insumos: del ensayo de sistemas agroforestales en café. Sombra: *Erythrina poeppigiana* (E), *Terminalia amazonia* (T) *Chloroleucon eurycyclum* (C), más las combinaciones (TC, ET, CE) Sol (SOL). Manejo: Medio Convencional (mc), Medio Orgánico (mo).

5. DISCUSIÓN

5.1 Pequeños mamíferos no voladores

Aunque varios autores han encontrado alta diversidad de mamíferos en agroecosistemas (Gallina et ál. 1996, Cruz 2004, Bali et ál. 2007), los resultados encontrados no respaldan estas hipótesis de encontrar diferencias entre sistemas agroforestales y un sistema a pleno sol, bajo manejos orgánicos y convencionales. Probablemente, por que la matriz que rodea la zona de estudio esta conformada por pequeñas cercas vivas y cultivos de caña que están constantemente intervenidos con el desarrollo de prácticas de quemas, labranzas y aplicaciones de químicos, dificultando el establecimiento de pequeños mamíferos debido a los requerimientos de hábitat, ya que estos necesitan explorar áreas que le ofrezca recursos y espacios para apareamiento y cuidado de crías (Corbalán y Ojeda 2005).

En este estudio se presentó una baja diversidad y una alta dominancia que se ve reflejada en una sola especie *Oryzomys sp.* que estuvo presente en los tratamientos con un bajo número de individuos, debido a que esta especie es generalista y presenta alta tolerancia a hábitats perturbados como sistemas agrícolas en café (Emmons 1999), adquiriendo una ventaja competitiva en la ocupación de nichos ecológicos como especies dominante (Harris y Woolard 1990). Además, la reducida área de experimentación (9,2 hectáreas) posibilita el desplazamiento de los individuos entre los sistemas y/o manejos de cada tratamiento disminuyendo así las diferencias entre cada sistema, coincidiendo con lo reportado por Koricheva et ál. (2000), quienes encontraron que en una reducida zona de experimentación se presentaba movimientos considerables de especies en búsqueda de recursos.

Por otro lado los resultados encontrados pudieron estar influenciados por el esfuerzo de muestreo y la época en que se realizo la investigación, ya que los pequeños mamíferos son diversos en cuanto a su comportamiento ecológico, por ende se hace necesario ampliar este tipo de investigación en distintas épocas del año con un mayor esfuerzo de muestreo que suministren mayor información.

5.2 Aves

Los sistemas agroforestales se comportan como refugios permanentes u ocasionales para aves provenientes de distintos hábitat, que pueden ser de bosque, vegetación secundaria y áreas abiertas (Perfecto et ál. 2004). En los sistemas estudiados los árboles *T. amazonia* y *C. eurycyclus* albergaron el mayor número de individuos realizando actividades de comportamiento, probablemente porque proporcionaban una mayor área para acoger un alto número de individuos y especies que puedan requerir árboles con características amplias para nidación, refugio y alimentación. Resultados que coincidiendo, con los encontrados por Znajda (2001) quien considera que *T. amazonia* por tener un dosel alto, puede albergar un alto número y diversidad de especies de aves.

Por otro lado la presencia de especies características de bosque secundario como *Ramphastos sulfuratus* y *Deconychura longicauda* en sistemas con sombrero es el resultado de la fragmentación, reducción y pérdida de bosque en la región, que ha generado que un alto número de especies colonicen y utilicen estos tipos de hábitat de compleja estructura como tipo de sistemas alternativos (Perfecto et ál. 1996). Así mismo, la baja presencia de aves bajo el manejo de café a pleno sol durante el monitoreo confirma que estas especies están utilizando hábitat con mayor cobertura arbórea probablemente por presentar una mayor disponibilidad de recursos.

Con respecto al tratamiento con insumos se encontró mayor número de especies e individuos en los manejos orgánicos realizando actividades de comportamiento, utilizando los estratos aire, dosel y suelo, predominando los gremios frugívoros, insectívoros y omnívoros; confirmando la hipótesis de que los sistemas orgánicos tienen mayor número y diversidad de aves.

Durante el monitoreo de aves en los manejos orgánicos se observaban individuos forrajeando, consumiendo insectos y néctar tanto de flores de café como de herbáceas, Una posible explicación es porque se conserva la cobertura de buenas hierbas, algo que no pasa con los manejos convencionales donde se eliminaba toda la cobertura vegetal con practicas manuales y químicas con herbicidas. Adicionalmente, se observaba mayor número de aves

perchando y acicalándose tanto en árboles y en suelo, y sobrevolando por las parcelas. Al compararse con el manejo convencional de los distintos sistemas agroforestales y el testigo a pleno sol. Probablemente, porque la mayoría de las especies que se encontraban en los manejos orgánicos encontraban su alimento en el suelo, esto lo confirma la investigación realizada por Lencinas et ál. (2004) quienes afirman que en los sistemas orgánicos, proporcionan comida alternativa y refugio para muchos predadores de insectos, como las aves.

5.3 Insectos

Se encontró una mayor diversidad y abundancia de insectos en los 6 manejos de sistemas agroforestales con café al compararse con el manejo de café a pleno sol. Posiblemente porque sistemas agroforestales como *Erythrina poeppigiana* ofrecen hojarasca, humedad, y sombra; creando microhábitats que facilitan la colonización de una entomofauna diversa resultado que coincide con los obtenidos por autores como Greenberg et ál. (2000) quienes encontraron, en sus experimentos con aves en Guatemala, que el café de sombra soportaba mayor abundancia de insectos.

Con respecto a las 38 familias encontradas, la más dominante fue Sciaridae la cual, se conoce por hallarse en ambientes frescos y por encontrarse como plaga en algunos cultivos. (Manzilla et ál.2001). Las familias Drosophilidae y Tipulidae del orden Díptera y la Reduviidae del orden Hemíptera, presentaron preferencias por los manejos agroforestales, esto puede obedecer a que estas familias son muy diversas y abundantes (Sánchez y Amat 2005), y son favorecidas con las especies arbóreas, en las que encuentran una gran variedad de recursos alimenticios (Madden y Fox 1997). Para el caso de la familia Tenebrionidae del orden Coleóptera presentó preferencias por el manejo a pleno sol, esto puede ser probablemente a dos posibles factores, uno que esta familia es más abundante en agroecosistemas abiertos (al sol) que en aquellos bajo sombra, ó que exista un efecto de sitio, debido a las condiciones del terreno circundante en la estación experimental (Matson et ál. 1997).

Para el caso del tratamiento con insumos la presencia de una amplia gama de familias de insectos en los manejos orgánicos, pudo estar influenciada, por la estructura y la

composición florística de la cobertura del suelo que aportaron microclimas, microhábitats y recursos (sitios de nidación, cantidad y calidad de alimento vegetal y animal, etc.) para familias de distintos hábitos, como las pertenecientes a los órdenes Diptera y Coleóptera las cuales fueron más diversas, ya que estos ambientes promueven la humedad y la abundancia de materia orgánica. Resultados que coinciden por los encontrados con Amat y Quitiaquez (1998), Sánchez y Amat (2005) quienes encontraron mayor diversidad de estos ordenes en sitios con una alta humedad.

Entre las familias que presentaron diferencia significativas sobresalen Formicidae, Cicadellidae y Drosophilidae, grupos con una alta abundancia de individuos, que presentan amplios hábitos alimenticios que van desde saprófagos, fitófagos, hematófagos, nectarívoros, parasitoides y predadores (Longino y Hanson 1995). Estudios realizados por Barbera et ál. (2004), e Ibarra (1990), mostraron abundancias relativas altas para Dípteros y la Familia Formicidae. Esto se debe posiblemente a que aprovechan los recursos disponibles en cada sistema mejor que las demás especies; esta ventaja competitiva les permite incrementar sus poblaciones rápidamente. Comportándose como dominantes dentro de la comunidad de insectos en los cafetales estudiados. Además cabe resaltar que son importantes en la dieta de aves y de otros vertebrados que habitan en el ensayo agroforestal.

5.4 Familia Cicadellidae

La alta diversidad y abundancia de géneros de la familia Cicadellidae en los manejos con árboles al ser comparado con el manejo de café a pleno sol, es probable ya que estos sistemas agroforestales pueden ofrecer condiciones apropiadas para su distribución, ovoposición y desarrollo, considerando aspectos tales como microclima, temperatura y refugio, (Blackmer et ál. 2006, Werling et ál. 2006). En este sentido es posible que el microambiente (temperatura, viento y humedad) que se presenta en los tratamientos influya en la distribución del insecto, se sabe que la presencia de sombra proporciona el crecimiento de plantas del sotobosque que pueden albergar una mayor entomofauna (Perfecto et ál. 2004).

Los datos sugieren que la diversificación de los agroecosistemas favorece directa o indirectamente unas especies mientras limitan otras, tal es el caso del género *Empoasca* que presentó preferencias por el manejo de árboles *Chloroleucon eurycyclum*, pero no tuvo una preferencia por los otros manejos de árboles, ni hubo otro género que presentara preferencias por este sistema agroforestal.

Los géneros *Macugonalia*, *Graphocephala*, *Plesiommata* y *Fusigonalia*, presentaron preferencias por los manejos orgánicos en el tratamiento de insumos, probablemente porque la cobertura del suelo y la no utilización de químicos como herbicidas e insecticidas, benefician a estos géneros. En sus estudios Rojas (1998) encontró que la poca utilización de fertilizantes químicos beneficia las poblaciones de Cicadellidos, además los tratamientos con orgánicos proporcionan requerimientos nutricionales y abióticos para el establecimiento de estas especies en sus distintos estadios. Pérez (2007), encontró que hiervas entre los cultivos sirven como hospederos, donde los Cicadellidos colocan sus masas de huevos, lo cual evidencia su alta capacidad para adaptarse a un amplio número de plantas y hábitat. Además, se ha reportado que estos géneros, son conocidos por ser vectores de una bacteria *Xylella fastidiosa*, causante de la enfermedad Crespada en los cafetos (Paiva et ál. 2001).

6. CONCLUSIONES

En el tratamiento con insumos los manejos orgánicos proporcionaron comida y refugio para la fauna silvestre encontrada, la ausencia de plaguicidas y herbicidas, y la integración de una mayor heterogeneidad vertical (Cobertura arbórea y herbácea) al cultivo de café incidió en la alta diversidad faunística presente al ser comparado con los tratamientos convencionales.

La proximidad del ensayo de café a cultivos de caña favorece la dominancia de especies generalistas, pero mantiene una cobertura vegetal que permite que algunas especies faunísticas que requieren hábitat de bosque secundario o condiciones de baja perturbación como *Ramphastos sulfuratus*, *Deconychura longicauda* y *Mionectes oleagineus* puedan encontrar recursos suficientes para alimentación y/o refugio.

Es importante resaltar que áreas reducidas como el ensayo de sistemas agroforestales de café pueden brindar refugio y alimentación adecuada para un alto número especies faunísticas, de manera, que si se aplica este modelo en otras áreas, en mayor número de cultivos podríamos minimizar la presión de los parches de bosques y por ende contribuir la conservación de diversidad faunística y florística.

La riqueza de especies de aves disminuyó drásticamente en manejo a pleno sol porque las fuentes de alimentación como la fruta, las semillas y los insectos son menos diversos y menos abundantes.

La presencia de los géneros *Macugonalia*, *Graphocephala*, *Plesiommata* y *Fusigonaliala*, de la familia Cicadellidae en el ensayo de sistemas agroforestales puede afectar negativamente las plantaciones de café, ya que son vectores de la bacteria *Xylella fastidiosa* causante de la deformación en las hojas y posteriormente la caída de estas.

La aplicación de este modelo de recolección de información faunística exige una gran dedicación en las acciones de campo y de laboratorio pero a la vez provee grandes satisfacciones al procesar la información y apreciar las múltiples interacciones ecológicas que se dan entre los diversos grupos faunísticos.

7. RECOMENDACIONES

Se debe realizar mayor número inventarios faunísticos en sistemas agroforestales y monocultivos que comparen diversos taxa, ya que pueden dar una mayor aproximación del estado actual de la diversidad, sirviendo como referente para científico para la toma decisiones que ayuden a su conservación.

Ampliar el estudio a diferentes épocas del año y agregar otro tratamiento (testigo) como el cultivo de caña.

Tomar datos de temperatura (T) y humedad relativa (HR%) al momento de realizar las mediciones esto con miras a correlacionar estas variables con los datos de fauna encontrados.

Es importa realizar estudios mas completos de la familia Cicadelidae y de su comportamiento fitosanitario en el ensayo de sistemas agroforestales, para hacer un control adecuado algunos géneros que son vectores de *Xylella fastidiosa*.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Amat, GD; Quitiaquez, G. 1998. Un estudio de la entomofauna de humedales: El Humedal Juan Amarillo en Bogotá. (ed.). Guerrero, E. Una aproximación a los humedales en Colombia. Fondo FEN Colombia- Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), Bogotá. P.107-123.
- ANACAFE. 1999. Manual de caficultura orgánica. Guatemala. 159 p.
- Andrews, KL; Caballero R. 1995. Órdenes y familias de insectos de Centro América. 4 ed. Escuela Agrícola Panamericana el Zamorano, HN. 179p.
- Anthony, F; J Berthaud, JL; Guillaumet; Lourd, M. 1987. Collecting wild *Coffea* species in Kenya and Tanzania. *Plant Genet. Resources Newsl.* 69:23-69.
- _____, F; Astorga, C; Quiros, O; Bertrand, B; Etienne, H; Topart, P; Lashermes, P. 2002. Diversidad Genética de los Cafés (*Coffea arabica*) Silvestres y Cultivados, revelada por marcadores moleculares. (En línea). Boletín 96, PROMECAFE, GT. Consultado 17 ago.2008. Disponible en <http://www.iica.org.gt/promecafe/boletines/boletin96.pdf>
- Arévalo, JG. 2001. Manual de campo para el monitoreo de mamíferos terrestres en áreas de conservación. Asociación Conservacionista de Monteverde. 18 p.
- Arellano, L; Favila, ME; Huerta, C. 2005. Diversity of duna and carrion beetles in a disturbed Mexican tropical montane cloud forest and on shade coffee plantations. *Biodiversity and Conservation* no.14:601-615.
- Bali, A; Kumarand, A; Krishnaswamy J. 2007. The mammalian communities in coffee plantations around a protected area in the Western Ghats, India. *Biological Conservation.* 139:93-120.

- Cruz-Angón, A; Greenberg, R. 2005. Are epiphytes important for bird in coffee plantations? An experimental assessment. *Journal of Applied Ecology* no.42:150-159.
- Cruz, L; Lorenzo, L; Naranjo, E; Ramírez, N. 2004. Diversidad de Mamíferos en Cafetales y Selva Mediana de las Cañadas de la Selva Lacandona, Chiapas, MX. *Acta zoológica* 20(1): 63-81.
- DaMatta, F; Rodríguez, N. 2007. Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del Neotrópico: una visión agronómica y ecofisiológica. *Agronomía Colombiana* 25(1):113-123.
- D'Elía, G; Luna, L; González, EM; Patterson, BD. 2005. En cuanto a la radiación Sigmodontinae (Rodentia, Cricetidae): Una evaluación de la posición filogenética de *Rhagomys*. *Phylogenetics molecular y evolución*.
- Dunn, JL; Alderfer, JK. 2002. Field guide to the Birds of North America. Fourth edition. National Geographic (Ed.) Washington, D.C. US. 480 p.
- Emmons, LH. 1999. Mamíferos de los bosques húmedos de América Tropical. Una guía de campo. FANBO.298 p.
- _____, LH; Feer, F.1999. Neotropical Rainforest Mammals. 2ed. Chicago University Press,US. 298 p.
- Gallina, S; Mandujanos, S; González- Romero, A. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, MX .*Agroforestry systems*. 33(1):13-27.
- Gliessman, Stephen R. 2002. Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 359 p.

- Greenberg, R; Bichier, P; Cruz, A; Macvean, C; Pérez, Cano, E. 2000. The impact of avian insectivory on arthropods and leaf damage in some Guatemalan coffee plantations. (En línea). *Ecological Society of America* 81(6), pp. 1750–1755. Consultado 03 de Nov. 2008. Disponible en <http://nationalzoo.si.edu/Publications/ScientificPublications/pdfs/57720d41-5ce8-4c26-921e-60cc8c1c5106.pdf>.
- Godoy, C. 2006. Familia Cicadellidae (en línea). Heredia, CR. Consultado 18 oct. 2008. Disponible en <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto104.html>
- Haggar, J.; Staver, C.; de Melo, E. 2001. Sostenibilidad y sinergismo en sistemas agroforestales con café: estudio de interacciones entre plagas, fertilidad del suelo y árboles de sombra. *Agroforestería en las Américas* 29:49-51.
- Harris, L; Woolard, T. 1990. The dispersal of mammals in agricultural habitats in Britain. *Species dispersal in agricultural habitats*. Institute of Terrestrial Ecology. Belhaven Press, London, New York. P.159-168.
- Henriquez, MG; Serrano, CL. 1984. Guía de laboratorio de entomología I. 2 ed. San Salvador, SV. P. 8-19.
- Hernández, GO; Beer, J; Von Platen, H. 1997. Rendimiento de café (*Coffea arabica* cv *Caturra*), producción de madera (*Cordia alliadora*) y análisis financiero de plantaciones con diferentes densidades de sombra en Costa Rica. *Agroforestería de las Américas*. 4(13):8-13.
- Jiménez, LD. 2003. Aplicaciones de SILVIA en el ordenamiento de las plantaciones forestales del CATIE. Tesis Ing For. Instituto tecnológico de Costa Rica. 107 p.

- Kim, K. 1993. Biodiversity, conservation and inventory: why insects matter. *Biodiversity and Conservation* 2: 191-214.
- Klein, AM; Steffan-Dewenter, I; Tschamntke, T. 2002 Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *The Royal Society*. 270: 955-961.
- Komar, O. 2006. Priority contribution, ecology and conservation of birds in coffee plantations: a critical review. *Bird Conservation International* no.16:1-23.
- Koricheva, J; Mulder, C; Schmid, B; Joshi, J; Huss-Danell, K. 2000. Numerical responses of different trophic groups of invertebrates to manipulations of plant diversity in grasslands. *Oecologia* 125: 271-282.
- Kühnelt, W. 1957 *Biología del Suelo*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas Madrid, España. 267 p.
- Lavelle, P; Senapati, B; Barros, E. 2003. Soil macrofauna. In *Trees, Crops and Soil Fertility*. Eds. G. Schroth y F.L. Sinclair. CAB Internacional. 303-323p.
- Lencinas, MV; Gallo, E; Martínez, G. 2004. Modificación de la biodiversidad por el manejo forestal: plantas, aves e insectos".Capítulo 1: Sotobosque Módulo Lenga – Subproyecto 4 – Sotobosque.(En línea). AC, PIARFON BAP. Consultado 03 de Nov. 2008. Disponible en <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PBVyAP/File/A3/PIARFON%20BAP/Sotobosque%20Lenga.pdf>
- Lewis ,CN; Whitfield, JB. 1999. Braconid wasp (Hymenoptera: Braconidae) diversity in forest plots under different silvicultural methods. *Environmental Entomology* 28(6): 986-997.

- Longino, JT; Hanson, PE. 1995. The ants (Formicidae). pp. 588-620. En: Hanson, P. E; Gauld, I. D. (eds). The Hymenoptera of Costa Rica. Oxford University Press. Oxford. UK. 893 p.
- Madden, KE; Fox, BJ. 1997. Arthropods as indicators of the effects of fluoride pollution on the succession following sandmining.(En línea)J. Appl. Ecol. 34: 1239–126. Consultado 30 de Oct. 2008. Disponible en <http://www.jstor.org/pss/2405235>.
- Mansilla, JP; Pastoriza, MI; Pérez, R. 2001.Estudio sobre la biología y control de *Bradysia paupera* Tuomikoski (*Bradysia difformis* Frey) (Diptera : Sciaridae). Bol. San. Veg. Plagas. 27: 411-417.
- Marrero, HJ; Zalba SM; Carpintero, DL. 2008. Eficiencia relativa de distintas técnicas de captura de Heterópteros terrestres en un pastizal de montaña BioScriba. 1(1): 3-9.
- Matson, PA; Parton, WJ; Power, AG; Swift, MJ. 1997. Agricultural Intensification and Ecosystem Properties. (En línea). Science 277: 504-509. Consultado 30 de Oct. 2008. Disponible en <http://yaquivalley.stanford.edu/pdf/matsonpartonpowersswift1997.pdf>.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. Ecosystems and Human Well-being. MEA, Island Press. New York, US. 245 p.
- Merlo Caballero, ME. 2007. Comportamiento productivo del café (*Coffea arabica var caturra*), el poró (*Erythrina poeppigiana*), el amarillón (*Terminalia amazonia*) y el cashá (*Chloroleucon eurycyclum*) en sistemas agroforestales bajo manejos convencionales y orgánicos en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, CR, CATIE. 92 p.
- Michaux, J; Reyes, A; Catzeflis, F. 2001. Evolutionary history of the most speciose mammals: molecular phylogeny of muroid rodents. Molecular Biology and Evolution 17:280-293.

- Montenegro, GEJ. 2005. Efecto de la dinámica de la materia de nutrientes de la biomasa de tres tipos de árboles de sombra en sistemas de manejo de café orgánico y convencional. Tesis Mag.Sc. Turrialba, CR, CATIE. 67p.
- Mora, JM. 1999. Los mamíferos silvestres de Costa Rica. EUNED, San José, Costa Rica (en línea). Consultado 03 Agos del 2008. Disponible en [http://books.google.com.co/books?id=4IITb9RrSFcC&pg=PA94&lpg=PA94&dq=josemanuel+mora+venavides&source=web&ots=xkySwytTs&sig=YI9HZO1dcSvnbuLLYU4W6uAGtPY&hl=es&sa=X&oi=book_result&resnum=4&ct=result#PPP1,M1](http://books.google.com.co/books?id=4IITb9RrSFcC&pg=PA94&lpg=PA94&dq=jose+manuel+mora+venavides&source=web&ots=xkySwytTs&sig=YI9HZO1dcSvnbuLLYU4W6uAGtPY&hl=es&sa=X&oi=book_result&resnum=4&ct=result#PPP1,M1)
- Múnera, C. 2006. Curso de capacitación en observación e identificación de aves para los guías locales de Río San Juan. Proyecto Araucaria. Refugio Bartola, Río San Juan Nicaragua. 19 p.
- Muschler, RG. 2000. Árboles en cafetales. Turrialba, Costa Rica. CATIE / GTZ. Módulos de Enseñanza agroforestal no. 5. 139 p.
- Naranjo, LG. 1994. Composición y estructura de la avifauna del Parque Regional Natural Ucumarrí. Ucumarrí: Un caso típico de la biodiversidad biótica. (Ed) Rangel JO. Corporación Autónoma Regional de Risaralda. 305-325.
- Nowak, RM. 1991. Walker's Mammals of the World. Johns Hopkins University. Baltimore, Maryland. 1362 p.
- Obando Calderón, G; Sandoval, L; Campos-Chaves, J; Alfaro-Cervantes, W. 2007. Lista Oficial de las Aves de Costa Rica 2006. Zeledonia. Special Issue.11: 1-70.
- Paiva, PEB; Benvenga, SR; Gravena, S. 2001. Biological Aspects of the Leafhoppers *Acrogonia gracilis* (Osborn), *Dilobopterus costalimai* Young and *Oncometopia facialis* Signoret) (Hemiptera: Cicadellidae) on *Citrus sinensis* L. Osbeck Neotropical Entomology 30(1): 25-28.

- Pardini, R; Marques de Souza, S; Braga-Neto R; Metzger JP. 2005. The role of forest structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. *Biological Conservation* 124: 253-266.
- Pérez, G. 2007. Evaluación de comportamiento de *Oncometopia clarior* (Walker) (Hemiptera: Cicadellidae) ante especies vegetales asociadas al cultivo *Dracaena marginata* (Lamarck) y su preferencia a diversos regímenes de fertilización. Tesis Mag.Sc. Turrialba, CR, CATIE. 87p.
- Perfecto, I; Rice, RA; Greenberg, R; Van der Voort, ME. 1996. Shade coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *Bioscience*.46: 598-608.
- _____, I; Vandermeer, J; Hanson, P; Cartín, V. 1997. Arthropod biodiversity loss and the transformation of a tropical agro-ecosystem. *Biodiversity and Conservation* 6(7):935-945.
- _____, I; Vandermeer, JH; López Bautista, G; Ibarra Núñez, G; Greenberg, R; Bichier, P; Langridge, S. 2004. Greater predation in shaded coffee farms: the role of resident neotropical birds. *Ecology*. 85(10):2677-2681.
- Pimentel, D; Stachow, U; Takacs, DA; Brubaker, HW; Dumas, A.R; Meaney, JJ; O'Neil, JAS; Onsi, DE; Corzilius, DB. 1992. Conserving Biological Diversity. In *Agricultural/Forestry Systems*. *BioScience*. 42: 354-362.
- Quispe Guanca, JI. 2007. Caracterización del impacto ambiental y productivo de las diferentes normas de certificación de café en Costa Rica Costa Rica. Tesis Mag.Sc. Turrialba, CR, CATIE. 137 p.

- Ramos, M. 2008. The effects of local and landscape context on leafhopper (Hemiptera: cicadellinae) communities in coffee agroforestry systems of Costa Rica. Ph.D. Thesis. University of Idaho, US. and CATIE, Turrialba CR. 169 p.
- Rappole, JH; King, DI; Vega Rivera, JH. 2003. Coffee and Conservation. *Conservation Biology* 17(01):334-336.
- Redak RA; Purcell AH; Lopes JSR; Blua MJ; Mizell III RF; Andersen PC. 2004. The biology of xylem fluid-feeding insect vectors of *Xylella fastidiosa* and their relation to disease epidemiology. *Annual Review of Entomology* 49: 243-70.
- Reid, FA.1997. A field guide to the Mammals of Central America and Southeast Mexico. Oxford University Press. New York, US. 334 p.
- Rice, R; Ward, J. 1996. Coffee, conservation, and commerce in the Western Hemisphere. (En línea). Washington DC. Smithsonian Migratory Bird Center. Consultado 01 sep. 2008. Disponible en <http://www.nrdc.org/health/farming/ccc/acknow.asp>
- Rodríguez, CM. 2002. *Xylella fastidiosa* (Wells) como patógeno del café en los países tropicales (En línea). Boletín 96, PROMECAFE, GT. Consultado 17 ago.2008. Disponible en <http://www.iica.org.gt/promecafe/boletines/boletin96.pdf>
- Rojas Álvarez, L; Godoy, C; Hanson, P, Kleinn, C; Hilje, L. 1998. Diversidad de especies de Auchenorrhyncha (homóptera) en cafetales con diferentes tipos de sombra en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 96 p.
- Roubik, DW. 2002. Tropical agriculture: the value of bees to the coffee harvest. *Nature* 417:708.
- Sadeghian, S; Rivera, JM; Gómez, ME. 1997. Impacto de la ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. In *Agroforestería*

para la producción animal en América Latina. Estudio FAO producción y sanidad animal. 143p.

Sánchez, D; Amat GD. 2005. diversidad de la fauna de artrópodos terrestres en el humedal Jaboque, Bogotá-Colombia. (En línea). *Caldasia* 27(2):311-329. Consultado el 05 de Nov. 2008. Disponible en: <http://www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasia.htm>.

Santos-Filho, M; Dasilva, DJ; Sanaiotti, TM. La eficiencia de cuatro tipos de trampas en un relevamiento de micromamíferos en fragmentos de bosques en Mato Grosso, Brasil. (En línea) *Mastozool. Neotrop.* 13(2):217-225. Consultado 02 Oct. 2006. Disponible http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S032793832006000200005&lng=es&nrm=iso.

Schroth, G; Krauss, U; Gasparotto, L; Duarte Aguilar, J; Vohland, K. 2000. Pests and diseases in agroforestry system of the humid tropics. *Agroforestry Systems* 50(4): 199-241

Somarriba, E. 1990. ¿ Que es agroforesteria?. *El chasqui* No. 24: 5-13.

Sary, P; Pike, KS. 1999. Uses of beneficial insect diversity in agroecosystem management. In Collins, WW; Qualset, CO. (ed.) *Biodiversity in agroecosystems*. CRC Press, Boca Raton, US. p. 49-67.

Stiles, G; Skutch, A.2003. *Aves De Costa Rica*. 3ed. INBio. CR. 271 p.

Tilman, D; Cassman, KG; Matson, PA; Naylor, R; Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive: Production practices. *Nature* no. 418:671-677.

Tirira, D. 1998. Técnicas de campo para el estudio de mamíferos silvestres. In Tirira, D. ed. *Biología, sistemática y de los mamíferos del Ecuador (Memorias)*. Museo de zoología. Centro de biodiversidad y ambiente, Pontificia universidad Católica del Ecuador. 1:93-125.

- Torres, CG; Lujan, FR. 2002. Especies forestales nativas para la reforestación en las regiones Brunca y Pacífico Central de Costa Rica. In Memorias del taller- seminario especies forestales nativas. Universidad Nacional de Costa Rica. P 101-104.
- Vannière, B; A Maurette. 1995. Auditoría Ambiental a los Bosques Nativos de Lengua de la Patagonia. Office National des Forêts (ONF). París, Francia.
- Villarreal, H; Álvarez, M; Córdoba, S; Escobar, F; Fagua, G; Gast, F; Mendoza, H; Ospina, M; Umaña, M. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventario de biodiversidad. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, CO. 236 p.
- Virginio Filho, EdeM. 2002. Avances y desafíos en el establecimiento de ensayo de largo plazo en sistemas agroforestales en café en zona baja húmeda. II Encuentro de Investigadores en Producción Orgánica Turrialba, CR, CATIE. 15 p.
- Voss RS; Lunde DP; Simmons NB. 2001. The mammals of Paracou, French Guiana: a Neotropical lowland rainforest fauna. Part 2. Nonvolant species. Bulletin of the American Museum of Natural History 263:1-236.
- Werling, BP; Nyrop, J; Nault, N. 2006. Spatial and temporal patterns of onion maggot adult activity and oviposition within onion fields that vary in bordering habitat. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 118: 49-59.
- Werner, SM; Raffa, KF. 2000. Effects of forest management practices on the diversity of ground-occurring beetles in mixed northern hardwood forests of the Great Lakes Region. *Forest Ecology and Management*. 139:135-155.
- Znajda, K. S. 2001. Conservación de Hábitat, Diversidad de Aves y Agroecosistemas de Café en Costa Rica. Coloquio Internacional Desarrollo Sustentable, Participación Comunitaria y Conservación de la Biodiversidad en México y América Latina.

ANEXOS

Anexo 1. Diversidad de aves observadas en el ensayo de sistemas agroforestales en café del CATIE.

Familias	Nombre científico	Nombre en ingles	Estatus
Accipitridae	<i>Buteo magnirostris</i>	Roadside Hawk	R
Apodidae	<i>Chaetura sp.</i>	-	-
Cardinalidae	<i>Saltator sp.</i>	-	R
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Black Vulture	R
Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>	Brown Jay	R
Emberizidae	<i>Sporophila americana</i>	Variable Seedeater	R
	<i>Volatinia jacarina</i>	Blue-black Grassquit	R
Furnariidae	<i>Deconychura longicauda</i>	Long-tailed Woodcreeper	R
Hirundinidae	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Blue-and-white Swallow	R, MS
	<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Northern Rough-winged Swallow	R, MN
Icteridae	<i>Psarocolius montezuma</i>	Montezuma Oropendola	R
	<i>Quiscalus mexicanus</i>	Great-tailed Grackle	R
Parulidae	<i>Geothlypis sp.</i>	-	R,MN
Picidae	<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Hoffmann's Woodpecker	R
Psittacidae	<i>Aratinga finschi</i>	Crimson-fronted parakeet	R
Ramphastidae	<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Keel-billed Toucan	R
Sylviidae	<i>Polioptila sp.</i>	-	R
Thraupidae	<i>Ramphocelus passerinii</i>	Passerini's Tanager	R
	<i>Tangara larvata</i>	Golden-hooded Tanager	R
	<i>Thraupis episcopus</i>	Blue-gray Tanager	R
	<i>Thraupis palmarum</i>	Palm Tanager	R
Trochilidae	<i>Amazilia saucerrottei</i>	Steely-vented Hummingbird	R
	<i>Amazilia tzacatl</i>	Rufous-tailed Hummingbird	R
	<i>Florisuga mellivora</i>	White-necked Jacobin	R
Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	House Wren	R
Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	Clay-colored Robin	R
Tyrannidae	<i>Mionectes oleagineus</i>	Ochre-bellied Flycatcher	R
	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Great Kiskadee	R
	<i>Todirostrum cinereum</i>	Common Tody-Flycatcher	R
	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tropical Kingbird	R

Las especies encontradas esta de acuerdo a la lista oficial de Aves de Costa Rica (Calderon et ál. 2006).

Anexo 2. Resumen de gremios alimenticios y hábitats utilizado por las aves encontradas en el ensayo de sistemas agroforestales en café del CATIE.

Nombre científico	Alimentación	Hábitats
<i>Buteo magnirostris</i>	Carnívoro	Bordes de cultivo, áreas abiertas
<i>Chaetura sp.</i>	Insectívoro	Áreas abiertas
<i>Saltator sp.</i>	Insectos, Frugívoro	Matorrales en áreas de crecimiento secundario, cultivos
<i>Coragyps atratus</i>	Omnívoro, Carroñero	Áreas abiertas
<i>Cyanocorax morio</i>	Omnívoro	Borde boque, matorrales cultivos de café
<i>Sporophila americana</i>	Semillero	Matorrales bajos
<i>Volatinia jacarina</i>	Semillero, Insectívoro	Matorrales bajos
<i>Deconychura longicauda</i>	Insectívoro	Nivel medios y bajos de bosques
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Insectívoro	Áreas agrícolas
<i>Stelgidopteryx serripennis</i>	Insectívoro	Áreas abiertas
<i>Psarocolius montezuma</i>	Omnívoro	Dosel del bosque
<i>Quiscalus mexicanus</i>	Omnívoro	Áreas abiertas, cultivos
<i>Dendroica petechia</i>	Insectívoro	Áreas abiertas
<i>Dendroica sp.</i>	Insectívoro	Áreas abiertas
<i>Oporornis philadelphia</i>	Insectívoro, frugívoro	Áreas de crecimiento secundario, cultivos
<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Insectívoro, Frugívoro, Nectívoro	Árboles caducifolios, cultivos de café con árboles
<i>Aratinga finschi</i>	Semillero, Frugívoro	Áreas abiertas cafetales
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	Omnívoro	Niveles altos del bosque, descienden en ocasiones
<i>Polioptila sp.</i>	Insectívoro	Áreas arboladas y matorrales
<i>Ramphocelus passerinii</i>	Insectívoro, Frugívoro	Áreas abiertas
<i>Tangara larvata</i>	Insectos, Semillas	bosque secundario
<i>Thraupis episcopus</i>	Omnívoro	Áreas abiertas
<i>Thraupis palmarum</i>	Insectívoro	Áreas abiertas
<i>Amazilia saucerrottei</i>	Nectívoro	Áreas de crecimiento secundario, cafetales
<i>Amazilia tzacatl</i>	Nectívoro	Áreas de crecimiento secundario, cultivos
<i>Florisuga mellivora</i>	Nectívoro Insectívoro	Dosel del bosque sitios parcialmente despejados
<i>Troglodytes aedon</i>	Insectívoro	Crecimiento secundarios, cultivos
<i>Turdus grayi</i>	Omnívoro	Cultivos, charrales
<i>Mionectes oleagineus</i>	Insectos, Frugívoro	Niveles medios de los bosques.
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Omnívoro	Áreas abiertas y cultivos
<i>Todirostrum cinereum</i>	Insectívoro	Áreas abiertas y cultivos
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Omnívoro	Áreas abiertas y cultivos

Anexo 3. Diversidad de órdenes y familias de la clase Insecta encontrados con los dos métodos de captura en el ensayo de sistemas agroforestales en café del CATIE.

Ordenes	Familias	Trampas de caída	laminas amarillas
Díptera	Sciaridae		x
	Micropezidae		x
	Trypetidae		x
	Lauxaniidae		x
	Drosophilidae	x	x
	Muscidae	x	x
	Tachinidae		x
	Tabanidae		x
	culicidae		x
	Dolichopodidae		x
	Clusiidae		x
	Tipulidae		x
	Asilidae		x
	Ulidiidae		x
	Mycetophilidae		x
Hymenóptera	ichneumonidae		x
	Apidae	x	x
	Vespidae	x	x
	Scelionidae		x
	Formicidae	x	x
Coleóptera	Chrysomelidae	x	x
	Coccinellidae		x
	Carabidae	x	x
	Languridae		x
	Curculionidae		x
	Staphylinidae		x
	Elateridae		x

	Platypodidae	x	
	Scarabidae	x	
	Aphodiinae	x	
	Tenebrionidae	x	
Thysanóptera	Thripidae		x
	Phlaeothripidae		x
Blattaria	Blattidae	x	x
Hemíptera	Reduviidae	x	x
	Cicadellidae		x
Ortóptera	Gryllidae	x	x
Homóptera	Cercopidae	x	x

Anexo 5. Árboles que integran el ensayo de sistemas agroforestales en café del CATIE.



Figura 1. Árbol de Póro (*Erythrina poeppigiana*).

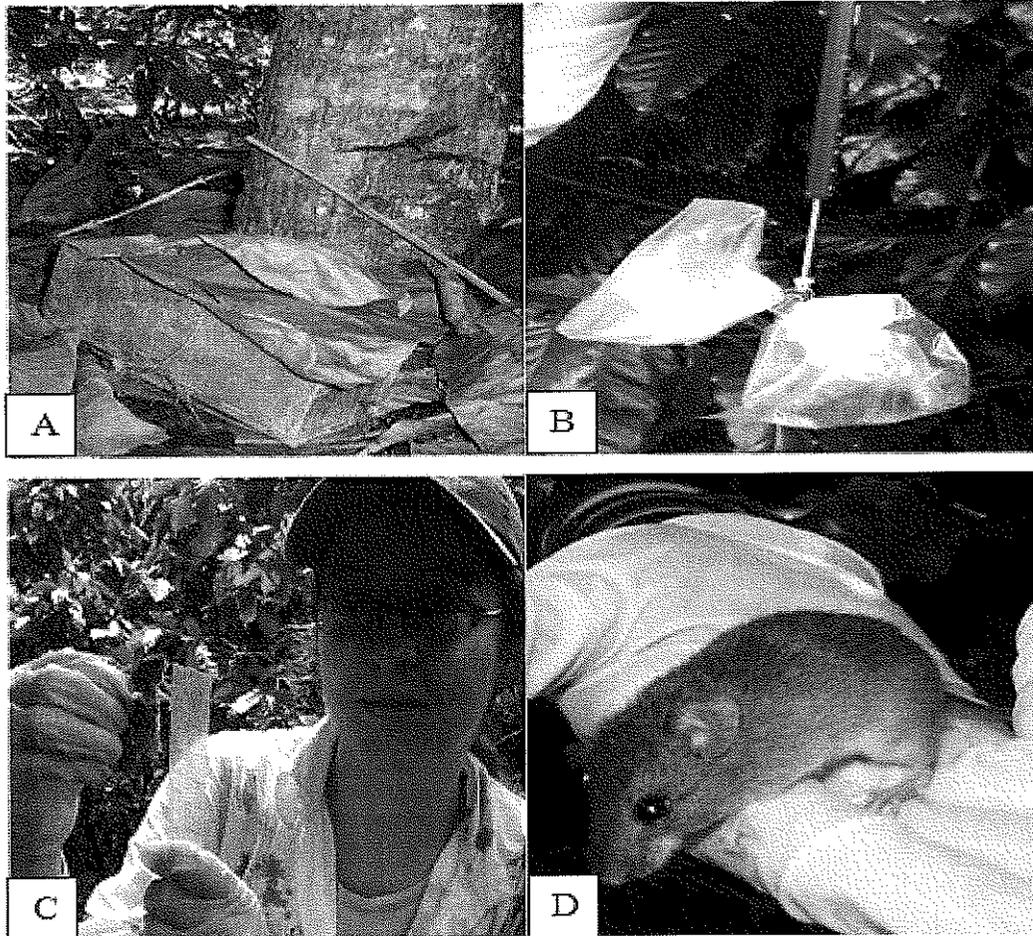


Figura 2. Árbol de Amarillón (*Terminalia amazonia*).



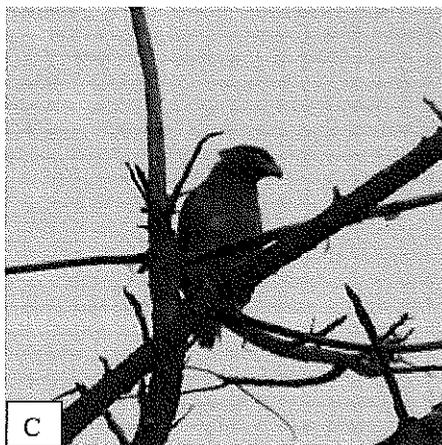
Figura 3. Árbol de Cashá (*Cloroleucon eurycyclum*).

Anexo 6. Fotografías que muestran el desarrollo de la metodología de captura para pequeños mamíferos no voladores en el ensayo de sistemas agroforestales en café del CATIE.



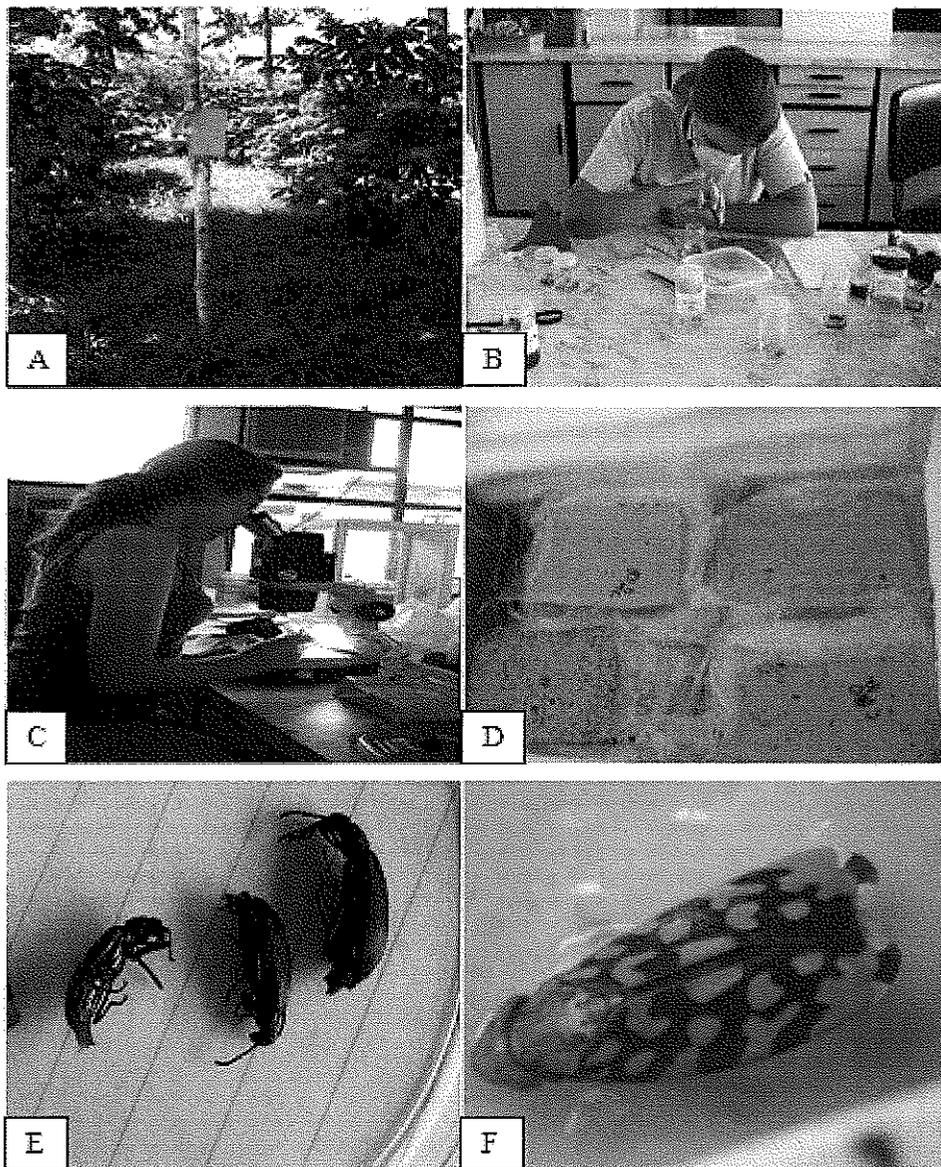
A) Trampa Sherman con un individuo ubicada en la base de un árbol. B y C) Toma de medidas morfométricas. D) Liberación de individuo capturado.

Anexo 7. Fotografías que muestran el desarrollo de la metodología de monitoreo de aves en el ensayo de sistemas agroforestales en café del CATIE



A y B) Observación de aves por punto de conteo en uno de los seis sistemas agroforestales en café. C) *Buteo magnirostris* en uno de de los manejos de árboles.

Anexo 8. Fotografías que muestran el desarrollo de la metodología de captura e identificación de insectos en el ensayo de sistemas agroforestales en café del CATIE.



A) Trampa lamina adhesiva amarilla y trampa de caída en la base de la estaca. B y C) Identificación de insectos. D) Trampas donde se capturaron Cicadélidos. E) insectos de la familia Tenebrionidae encontrados en las trampas de caída. F) Cicadélido del género *ladoffa* capturada en la trampa de intersección de vuelo.