

**PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO**

**Evaluación de la biodiversidad de mariposas diurnas presentes en
sistemas agroforestales modernos con café en el Corredor
Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica**

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación
para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de
Investigación y Enseñanza como requisito para optar por el grado de:

Magister Scientiae en Agroforestería Tropical

Por

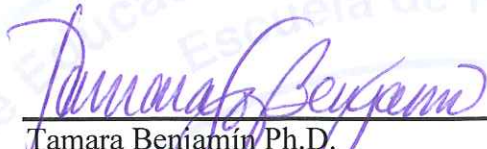
Ing. Oscar Pérez García

Turrialba, Costa Rica, 2008

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE, y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

***Magister Scientiae* en Agroforestería Tropical**


FIRMANTES:



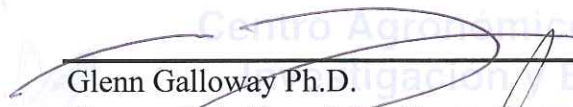
Tamara Benjamín Ph.D.
Consejero Principal




Fernando Casanoves Ph.D.
Miembro del Comité Consejero



Diego Tobar López M.Sc.
Miembro del Comité Consejero



Glenn Galloway Ph.D.
Decano de la Escuela de Posgrado



Ing. Oscar Pérez García
Candidato

DEDICATORIA

A mi esposa Martha Chávez Yescas

y

A mi hijo Osmar Pérez Chávez

AGRADECIMIENTOS

A los miembros del comité consejero que hicieron posible la conducción y culminación con éxito del presente trabajo de investigación:

- Tamara Benjamin Ph. D, profesor investigador, Purdue University/CATIE
- Fernando Casanoves Ph. D, profesor y jefe de la unidad de Biometría del CATIE
- Diego Tobar Mag. Sc, Grupo de Ganadería y Medio Ambiente (GAMMA) del CATIE

Al Programa Internacional de Becas (IFP), por haberme brindado la oportunidad de formar parte del proyecto educativo de la Fundación Ford.

Al Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), por su decisión y apoyo en la búsqueda de nuevas aspiraciones sociales y humanas de un México olvidado.

Al Instituto Internacional de la Educación (IIE), por haber acompañado este proyecto de formación educativa.

Al siguiente personal de las instancias correspondientes del proyecto educativo de la Fundación Ford en México: Dr. David Navarrete (CIESAS), Marina Cadaval (CIESAS) y Blanca Ceballos (IIE).

Al Geog. Christian Brenes, del laboratorio de Sistemas de Información Geográfica (SIG) del CATIE, por su apoyo en los trabajos de cartografía digital.

A Alexis Pérez por su préstamo del equipo de campo y apoyo en los trabajos de campo para la selección de cafetales y establecimiento de parcelas y transectos de muestreo.

A los señores productores de café y propietarios de fragmentos de bosques del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, que amablemente me permitieron entrar a sus fincas de café y fragmentos de bosque (Anexo 4).

CONTENIDO

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
CONTENIDO	III
RESUMEN	V
SUMMARY	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos del estudio	3
1.1.1 Objetivo general	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.2 Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Diversidad biológica en sistemas agroforestales	4
2.2 Los sistemas de producción de café	5
2.3 Biodiversidad en sistemas agroforestales con café	9
2.4 La biodiversidad de mariposas en sistemas agroforestales con café	10
2.5 Factores que afectan la biodiversidad de mariposas en cafetales	10
2.5.1 Estructura y composición florística	11
2.5.2 El manejo agroforestal de los sistemas de producción de café	11
2.5.3 Influencia del paisaje en la biodiversidad de mariposas	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1 Localización del estudio.	14
3.2 Selección de plantaciones de café	16
3.3 Muestreo de lepidópteros	21
3.4 Caracterización del contexto paisajístico	23
3.5 Análisis de datos	24
3.5.1 Análisis de la biodiversidad de lepidópteros	24
3.5.2 Análisis de la relación entre el paisaje y la biodiversidad de mariposas	27

4. RESULTADOS	29
4.1 Composición de la comunidad de mariposas diurnas en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca (CBVCT), Costa Rica	29
4.1.1 <i>Composición general de la comunidad de mariposas</i>	29
4.1.2 <i>Composición de la comunidad de mariposas entre los hábitats evaluados</i>	29
4.2 Comparación de la biodiversidad de mariposas diurnas entre los hábitats evaluados.	34
4.2.1 <i>Análisis de la abundancia, riqueza y diversidad de especies de mariposas entre gremios alimenticios</i>	35
4.2.2 <i>Análisis de la abundancia, riqueza y diversidad de especies de mariposas por preferencias de hábitat</i>	36
4.3 Composición de las especies de mariposas diurnas entre los SAF's con café y fragmentos de bosque.	37
4.4 Efecto de fragmentos de bosque sobre la biodiversidad de mariposas diurnas presentes en SAF's con café	38
5. DISCUSION	42
5.1 Descripción de la composición general de mariposas diurnas	42
5.2 Abundancia, riqueza y diversidad de mariposas diurnas entre hábitats	43
5.2.1 <i>Abundancia, riqueza y diversidad de especies de mariposas entre gremios alimenticios</i>	44
5.2.2 <i>Abundancia, riqueza y diversidad de especies de mariposas por preferencias de hábitat</i>	46
5.3 Composición de especies en los SAF's con café y fragmentos de bosque	48
5.4 Influencia de los fragmentos de bosque sobre la biodiversidad de mariposas diurnas presentes en SAF's con café.	49
6. CONCLUSIONES	50
7. RECOMENDACIONES	51
8. BIBLIOGRAFÍA	52
9. ANEXOS	59

Pérez García, O. 2008. Evaluación de la biodiversidad de mariposas diurnas presentes en sistemas agroforestales modernos con café en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica.

RESUMEN

Palabras clave: café bajo sombra, mariposas diurnas, biodiversidad, gremios alimenticios, preferencias de hábitat, paisaje, fragmentos de bosque, *Hermeuptychia hermes*

Los sistemas agroforestales con café (*Coffea arabica* L.) han demostrado tener un papel importante en la conservación de la diversidad biológica en paisajes agrícolas, en comparación con sistemas de producción intensivos. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar y comparar la diversidad biológica de mariposas diurnas en sistemas agroforestales con café de diferente complejidad estructural en un paisaje fragmentado del Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. Paralelamente, evaluamos la influencia de los fragmentos de bosque circundantes en la riqueza y abundancia de mariposas diurnas presentes en los cafetales. Para esto, se seleccionaron seis cafetales representativos de cada uno de los siguientes sistemas agroforestales modernos con café: café-poro (*Erythrina poeppigiana*) (CP), café-poró-musa (*Musa* spp.) (CPM) y café-poró-laurel (*Cordia alliodora*) (CPL), mas seis sitios con fragmentos de bosque (FR). Se registraron en total 1259 individuos de mariposas diurnas, pertenecientes a 106 especies. Las especies *Hermeuptychia hermes* y *Cissia usitata*, fueron las más abundantes en todo el paisaje. La abundancia media de mariposas fue similar entre los hábitats, pero la riqueza media de especies fue mayor en los FR que en los hábitats CP y CPL. La diversidad más alta de mariposas se registró en los FR y la más baja en el hábitat CP, con una diversidad intermedia en el hábitat CPL. Esto asociado a la complejidad estructural y florística de los hábitats de acuerdo al análisis de conglomerados y de especies indicadoras. La presencia de cobertura boscosa circundante (radio de 25 a 150 m) correlacionó significativamente con la riqueza de mariposas acimófagas (consumidores de frutos y hongos en descomposición) presentes en los cafetales, pero no hubo correlación con las mariposas nectarívoras ni en el análisis por preferencias de hábitat de las mariposas. Por lo que se concluye que el incremento de la complejidad estructural de los cafetales (CPL) favorece una mayor diversidad de mariposas diurnas que los cafetales de menor complejidad estructural (CPM y CP). Además, los fragmentos de bosque cercanos a los cafetales influyen en la presencia de mariposas típicas de bosques como las acimófagas.

Pérez García, O. 2008. Evaluation of the butterflies biodiversity in modern coffee agroforestry systems in the Volcánica Central-Talamanca Biological Corridor, Costa Rica.

SUMMARY

Key words: shade coffee, butterflies, biodiversity, guilds, habitat preferences, landscape, forest fragments, *Hermeuptychia hermes*

Coffee agroforestry systems have demonstrated to play an important role in the conservation of biological diversity in agricultural landscapes. The aim of this study was to evaluate and compare the biological diversity of butterflies in different structural coffee agroforestry systems in a fragmented landscape of the Volcánica Central-Talamanca Biological Corridor, Costa Rica. We also evaluated the influence of surrounding forest fragments on the species richness and abundance of butterflies in the coffee plantations. For this purpose, six plots of the following coffee agroforestry systems have been selected: coffee-poró (*Erythrina poeppigiana*) (CP), coffee-poró-banana (*Musa* spp.) (CPM) and coffee-poró-laurel (*Cordia alliodora*) (CPL), as well as, six sites with forest fragments (FR). We registered 1259 individuals of butterflies, belonging to 106 species. The most frequently observed species were *Hermeuptychia hermes* and *Cissia usitata*. Mean abundance of butterflies was similar between habitats but the mean species richness was higher in FR than in CP and CPL. Butterfly diversity was greatest in the FR, intermediate in the CPL habitat and lowest in the CP system. This associated to habitat complexity according to cluster and indicator species analysis. A significant correlation between surrounding forest cover (radius of 25 to 150 m) and fruit feeding butterflies of coffee plantations has been found but there was no correlation with regard to nectar feeding butterflies or habitat preferences of butterflies. It can be concluded that an increment in structural complexity of coffee agroforestry systems (CPL) is favouring more diversity of butterflies than systems with less complexity (CPM and CP). In addition, forest fragments surrounding the coffee plantations have an influence on the presence of butterflies which are typical for forest habitats like fruit feeding butterflies.

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características de los sistemas de producción tradicional y moderna	6
Cuadro 2. Tipología de manejo semitecnificado de cafetales en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica.	16
Cuadro 3. Determinación del esfuerzo de muestreo para mariposas diurnas en 18 parcelas en cafetales y seis parcelas en fragmentos de bosques en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007	22
Cuadro 4. Determinación y descripción de la estimación paramétrica (Chao1) y no paramétrica (Ecuación de Clench) de especies esperadas de mariposas diurnas en cada uno de los hábitats muestreados: café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL), café-poró-musa (CPM) y fragmentos de bosque (FR), en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007	24
Cuadro 5. Determinación y descripción de los índices de diversidad de Shannon y Simpson, y Equidad	26
Cuadro 6. Distribución por familias y subfamilias del número total de individuos y especies de mariposas diurnas encontradas en fragmentos de bosque (FR), café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL) y café-poró-musa (CPM) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007	31
Cuadro 7. Estimación de la riqueza de especies de mariposas diurnas en fragmentos de bosque (FR), café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL) y café-poró-musa (CPM) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007	33
Cuadro 8. Comparación de medias de la riqueza, abundancia, diversidad y equidad de mariposas diurnas presentes en fragmentos de bosque (FR), café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL) y café-poró-musa (CPM) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007.	35
Cuadro 9. Comparación de medias de la riqueza, abundancia, diversidad y equidad de mariposas diurnas por gremios alimenticios presentes en fragmentos de bosque (FR), café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL) y café-poró-musa (CPM) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007	36

Cuadro 10. Comparación de medias de la riqueza, abundancia, diversidad y equidad de mariposas diurnas por preferencias de hábitat presentes en fragmentos de bosque (FR), café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL) y café-poró-musa (CPM) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007	37
Cuadro 11. Análisis de especies indicadoras de mariposas diurnas asociadas a grupos determinados en el análisis de conglomerados de fragmentos de bosque y cafetales muestreados ($p < 0.05$) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007	39
Cuadro 12. Índices de complementariedad para la composición de especies de mariposas diurnas entre los hábitats café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL), café-poró-musa (CPM) y fragmentos de bosque (FR) del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007. Valores cercanos al 100% significan que la composición de especies es totalmente diferente entre los hábitats comparados	40
Cuadro 13. Correlación de Pearson entre el porcentaje de bosque circundante a diferentes radios y la riqueza y abundancia de mariposas diurnas (general, por gremios alimenticios y por preferencias de hábitat) presentes en cafetales ($n=18$) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007.	41

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Estructura y composición florística de los principales sistemas de producción de café (Moguel y Toledo 1999). 7
- Figura 2.** Localización del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2006 (Ramírez, 2006). 15
- Figura 3.** Representación esquemática de los sistemas agroforestales con café evaluados en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica 2007. a): café-poró, b): café-poró-musa y c): café-poró-laurel. (Escala en metros). 18
- Figura 4.** Ubicación de las parcelas de muestreo de los hábitats café-poró (CP), café-poró-musa (CPM), café-poró-laurel (CPL) y fragmentos de bosque (FR) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica 2007. 20
- Figura 5.** Diseño y ubicación de parcelas y transectos de muestreo para mariposas diurnas en cafetales y fragmentos de bosque en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007 21
- Figura 6.** Ejemplo de la caracterización de la cobertura boscosa a diferentes radios de medición (solo se muestran radios de 200 m, 400 m y 600 m para su mejor visualización), alrededor de 18 parcelas en cafetales en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica 2007. 23
- Figura 7.** Curva de acumulación de especies de mariposas diurnas en fragmentos de bosque (FR), SAF's con café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL) y café-poró-musa (CPM) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007 32
- Figura 8.** Curvas de distribución de abundancia de las especies de mariposas observadas en los hábitats café-poró (CP), café-poró-musa (CPM), café-poró-laurel (CPL) y fragmentos de bosque (FR), en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007. Los números identifican a las especies de mariposas definidas en el Anexo 3, (ni) es la abundancia relativa de las especies y (N) el número total de los individuos de todas las especies. 34
- Figura 9.** Agrupación de parcelas de cafetales (CP, CPL y CPM) y fragmentos de bosque basados en el número de especies e individuos de mariposas diurnas, por medio del análisis de conglomerado con índices de similitud de Sorensen y método de agrupación Beta Flexible 38

1. INTRODUCCIÓN

Ante el actual problema de la deforestación y pérdida de la biodiversidad en bosques tropicales debido a la expansión de la frontera agrícola, surge la necesidad de implementar estrategias de desarrollo sostenible en paisajes agrícolas. Estas áreas han sido consideradas de poca importancia en la conservación de la diversidad biológica debido al enfoque de investigaciones basadas en la teoría de la biogeografía de islas que contempla solamente el estudio de bosques naturales y sus fragmentos remanentes (Daily 2001). Estudios recientes indican que una proporción considerable de la biodiversidad original puede persistir dentro de dichos paisajes si estos retienen una cantidad suficiente de cobertura arbórea (fragmentos de bosque, cercas vivas, árboles dispersos, etc.) y el paisaje mantiene cierto grado de conectividad debido al efecto de aditividad (Daily 2001, Harvey et ál. 2006).

En este contexto, uno de los sistemas de producción agrícola comunes en paisajes tropicales de Latinoamérica es el café (*Coffea arabica*) bajo sombra, cultivado entre los 300 y 2000 msnm (Moguel y Toledo 1999). Este sistema agroforestal (SAF) ha demostrado tener un papel importante en la conservación de la diversidad biológica, en comparación con sistemas de producción intensivos, debido a que puede mantener especies dependientes de bosques en zonas afectadas por la deforestación (Gallina et ál. 1996, Perfecto et ál. 1996, Greenberg et ál. 1997, Moguel y Toledo 1999, Somarriba et ál. 2004). De igual manera, se ha encontrado una clara diferencia entre los sistemas de producción bajo sol o bajo sombra especializada en comparación con sistemas agroforestales (SAF's) tradicionales, siendo este último el de mayor grado de conservación de especies (Perfecto et ál. 1996, Moguel y Toledo 1999, Mas y Dietsch 2003, Perfecto et ál. 2003). Además, potencialmente estas áreas de café bajo sombra diversificada (estructural y florística) pueden funcionar como corredores biológicos, aumentando las zonas de amortiguamiento alrededor de reservas naturales claves y mejorando el valor de la conservación de parches boscosos (Rice y Ward 1996).

El grupo taxonómico de los lepidópteros ha sido poco estudiado en SAF's modernos con café (sombra especializada), considerados como hábitats de poca importancia para la conservación de mariposas diurnas (Mas y Dietsch 2003, Perfecto et ál. 2003) a pesar de ser buenos indicadores de disturbios ecológicos como lo han demostrado varios estudios realizados para

el monitoreo de bosques tropicales con aprovechamiento forestal (Hammer et ál. 1997, Spitzer et ál. 1997, Lewis 2001). En general las mariposas diurnas han sido estudiadas por su fácil observación, identificación, ciclo de vida corto y taxonomía estable (DeVries et ál. 1997, DeVries y Walla 1999), siendo organismos ideales para el análisis de la conservación de ecosistemas terrestres (Lawton 1998). Además, son de gran importancia en el ecosistema por sus roles ecológicos (herbivoría y polinización) y son sensibles a cambios en la vegetación, la cobertura arbórea y parámetros microclimáticos (Brown y Hutchings 1997).

Con base en la presente investigación se evaluó la biodiversidad de mariposas diurnas en tres distintos SAF's modernos con café (CP: café-poró, CPL: café-poró-laurel y CPM: café-poró-musa) en la zona del Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca en Costa Rica. Esto con la finalidad de comparar si existen diferencias entre la biodiversidad de mariposas diurnas por gremios alimenticios y preferencia de hábitat ante cambios en la estructura y composición florística de cafetales. Paralelamente, evaluamos la influencia de la cobertura de bosques circundantes en la riqueza y abundancia de mariposas presentes en las plantaciones de café. La importancia de este estudio radica en la contribución al conocimiento de la biodiversidad de mariposas diurnas en sistemas de agroforestales modernos con café, y el aporte de este sistema de producción en particular en la conservación de la biodiversidad en paisajes agrícolas.

1.1 Objetivos del estudio

1.1.1 Objetivo general

Evaluar la diversidad biológica de mariposas diurnas en sistemas agroforestales modernos con café de diferente estructura y composición florística en un paisaje fragmentado del Corredor Biológico Volcánica-Central-Talamanca, Costa Rica.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar y comparar la riqueza, abundancia, diversidad y composición de mariposas diurnas (por gremios alimenticios y preferencia de hábitat) en sistemas agroforestales modernos con café de diferente estructura y composición florística.

- Evaluar la influencia de la cobertura boscosa circundante en la riqueza y abundancia de mariposas diurnas (por gremios alimenticios y preferencia de hábitat) presentes en sistemas agroforestales modernos con café.

1.2 Hipótesis

- Independientemente de la complejidad estructural y florística de los cafetales, la biodiversidad (riqueza, abundancia, diversidad y composición) de las mariposas diurnas es igual entre los sistemas agroforestales modernos evaluados (café-poró, café-poró-laurel y café-poró-musa).

- La cobertura boscosa circundante influye en la riqueza y abundancia de mariposas diurnas presentes en las plantaciones de café.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Diversidad biológica en sistemas agroforestales

La biodiversidad es conceptualizada como la variedad total de las entidades vivientes en el planeta, incluyendo a todos los organismos así como a sus hábitats o ecosistemas, y al material genético del cual están hechos (CBD 1992). A pesar de su importancia ecológica, económica (directa e indirecta), ética y estética (Blench 1998), las actividades humanas (agrícolas, industriales) y la destrucción de los ecosistemas naturales han provocado una continua y creciente tasa de pérdida de la biodiversidad. En particular, las zonas tropicales del mundo se han caracterizado por su vulnerabilidad al impacto humano y su alta riqueza biológica hacen que estas áreas sean prioritarias para la conservación de la biodiversidad debido a su importancia mencionada anteriormente (Gascon et ál. 2004).

Tradicionalmente, los estudios y esfuerzos de conservación de la biodiversidad se han enfocado en bosques naturales y recientemente en fragmentos de bosque, ignorando las posibilidades que se encuentran en hábitats agrícolas (Daily 2001). Los cultivos agrícolas, los pastizales, los bosques manejados, y otros hábitats con intervención humana pueden proporcionar un gran aporte a la conservación de la biodiversidad global. Para este fin, se deben incorporar áreas naturales protegidas y esquemas sostenibles de producción en las políticas gubernamentales de desarrollo rural y agrícola (McNeely 1995, McNeely y Scherr 2003). En general, los agroecosistemas que son más diversos, permanentes y manejados con bajos insumos externos (agroquímicos) favorecen el mantenimiento de procesos ecológicos asociados con una mayor biodiversidad que los sistemas de producción intensivos (Altieri 1995). En este sentido, los SAF's ofrecen potencialmente una alternativa viable para la producción y la conservación dado que combinan en distintos grados de complejidad la interacción biológica entre plantas leñosas perennes y cultivos agrícolas (McNeely y Scherr 2003, McNeely 2004, Schroth et ál. 2004), compuesto por especies manejadas por el hombre y silvestres (Schroth et ál. 2004).

Los SAF's pueden contribuir a la conservación de la biodiversidad, particularmente de aves, plantas (arbóreas, arbustivas, herbáceas y epífitas), mamíferos terrestres e insectos (hormigas, mariposas y escarabajos), esto mediante la reducción de la deforestación y presión sobre los recursos del bosque, el incremento del hábitat para especies nativas, y la proporción de una matriz adecuada en paisajes fragmentados, con la finalidad de proteger los fragmentos de bosque, aumentar la cobertura arbórea en las fincas y amortiguar y conectar las áreas protegidas (Schroth et ál. 2004). Por otra parte, el grado en que los SAF's pueden servir a los esfuerzos de conservación depende de su diversidad florística y complejidad estructural, su origen y permanencia en el paisaje, su localización con respecto al hábitat natural remanente, del grado de conectividad, su manejo y uso, la incorporación de ganado, entre otros (Beer et ál. 2003). Por ejemplo, los cafetales, cacaotales y sistemas silvopastoriles con una mayor complejidad estructural y florística son hábitats que ayudan a la conservación de la biodiversidad a comparación de sistemas de producción más intensivos (de menor complejidad estructural y florística) (Moguel y Toledo 1999, Harvey et ál. 2004, Schulze et ál. 2004, Harvey et ál. 2006).

2.2 Los sistemas de producción de café

El café es cultivado bajo diversos sistemas de producción, resultado de factores socioeconómicos y biofísicos, que comprenden desde los sistemas tradicionales bajo sombra diversificada a los sistemas modernos de monocultivo y/o bajo sombra especializada (Cuadro 1) (Perfecto et ál. 1996, Beer et ál. 1998, Moguel y Toledo 1999, Donald 2004, Somarriba et ál. 2004). Los sistemas tradicionales de producción de café (sistemas rústico, policultivo tradicional y comercial, Figura 1) se basan en una estrategia de aprovechamiento integral de recursos locales, se desarrollan en pequeñas superficies de producción, por lo general emplean mano de obra familiar, y el ingreso económico no solo depende de la producción del café sino también de los beneficios obtenidos del componente de la sombra diversificada (frutal, medicinal, maderable, entre otros). Por el contrario, los sistemas modernos de producción (monocultivo bajo sombra y sin sombra, Figura 1) se caracterizan por su objetivo de obtener máximos rendimientos por unidad de superficie, posee una alta dependencia de insumos externos, predomina las grandes fincas con capital para inversión en mano de obra y agroquímicos, y el componente de árboles de sombra frecuentemente es monoespecífica o es

eliminada totalmente (Perfecto et ál. 1996, Beer et ál. 1998, Moguel y Toledo 1999, Yopez 2001, Donald 2004).

Cuadro 1. Características de los sistemas de producción tradicional y moderna de café en zonas neotropicales

Características	Tradicional	Moderna
Porcentaje de sombra	60 – 90 %	0 – 50 %
Árboles de sombra	Mixto	Monocultivo
Altura de árboles	Alto (25 m), natural y plantado	Bajo (5-8 m), plantado
Altura de cafetos	Alta	Baja
Densidad de cafetos	1000 -2000 por ha	3000 – 10,000 por ha
Rendimiento por ha	Bajo	Alto
Rendimiento por cafeto	Alto	Bajo
Calidad de grano	Alto	Bajo
Tiempo de la 1ª cosecha	4 – 6 años	3 – 4 años
Tiempo productivo	Mayor de 30 años	12 a 15 años
Escala de producción	Pequeños productores	Productores comerciales
Uso de agroquímicos	Nulo/Bajo	Alto/Imprescindible
Podas	Nulo/Ligero	Intensiva
Erosión del suelo	Bajo	Alto
Acidificación del suelo	Bajo	Alto
Calidad del suelo	Alta	Baja
Producción de hojarasca	Alta	Baja
Incidencia de enfermedades	Baja	Alta
Polinización de insectos	Alta	Baja
Complejidad estructural	Alta	Baja
Cobertura de malezas	Baja	Alta
Rendimiento por ha	Bajo	Alto

Fuente: Perfecto et ál. (1996), Moguel y Toledo (1999), Yopez (2001), Donald (2004).

De acuerdo a la complejidad estructural, composición florística e intensidad de manejo se han realizado clasificaciones de los diferentes sistemas de producción de café predominantes en Latinoamérica. La combinación de estos factores da como resultado un gradiente continuo de sistemas de producción de café que comprenden desde el sistema rústico al monocultivo sin sombra (Moguel y Toledo 1999, Somarriba et ál. 2004). De acuerdo con la clasificación de los sistemas de producción de café de Moguel y Toledo (1999), en Latinoamérica existen cinco tipos principales de producción de café (Figura 1), los cuales se describen a continuación:

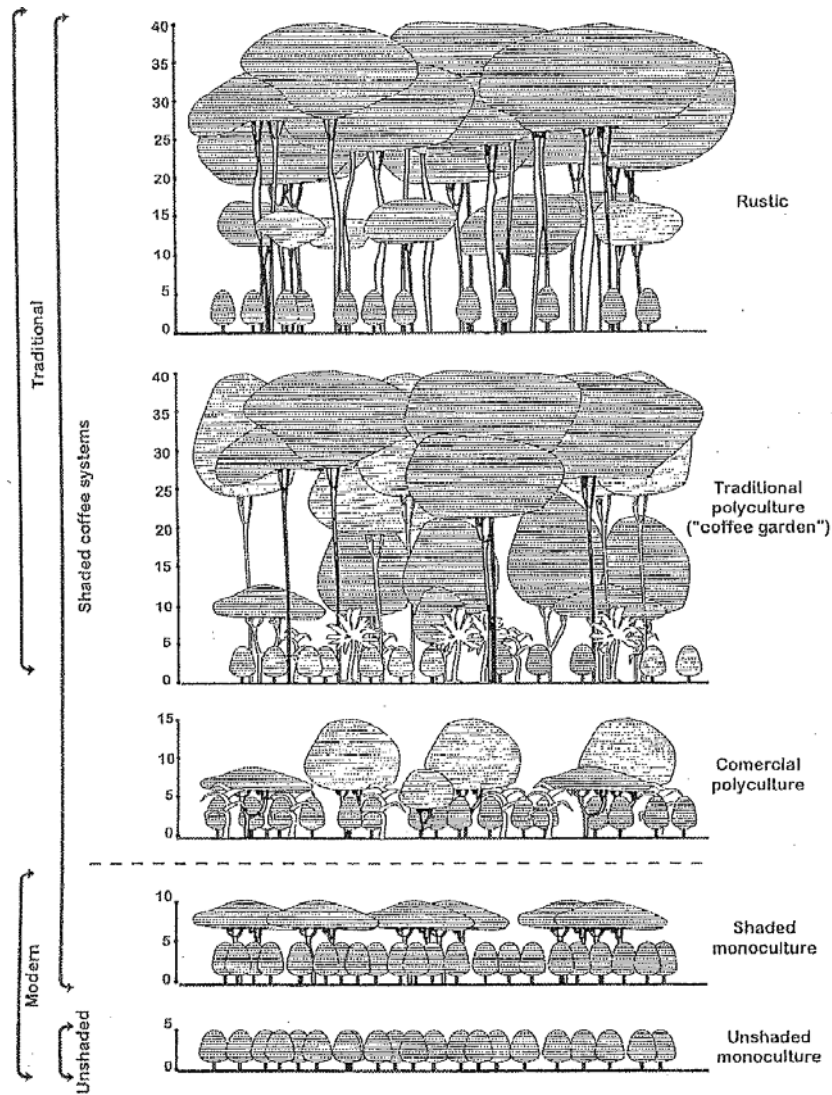


Figura 1. Estructura y composición florística de los principales sistemas de producción de café (Moguel y Toledo 1999).

- Sistema rústico: este sistema se caracteriza por la sustitución del estrato bajo de bosques tropicales y subtropicales por plantas de café. Por lo tanto, la diversidad del dosel arbóreo es preservada en una forma modificada. Este sistema de producción es característico de zonas

indígenas, con un manejo mínimo y una nula aplicación de agroquímicos, además de tener un bajo rendimiento.

- Sistema policultivo tradicional: se trata de un sistema de manejo modificado de bosques nativos, en el cual se establece el café en el estrato bajo, pero a diferencia del sistema rústico, la sombra tiene un mayor manejo ya que se favorecen o introducen especies de interés para los caficultores. Además, es el resultado del conocimiento tradicional en el manejo de los recursos florísticos de grupos indígenas principalmente.

- Sistema policultivo comercial: este SAF incluye solo especies de sombra introducidas (cultivadas), en el cual la cobertura forestal ya no se encuentra integrada por los árboles nativos, fomentándose árboles de sombra generalmente de leguminosas y/o con algún valor comercial. Las plantaciones son homogéneas, empleándose en muchos casos una sola variedad de cafetos, por lo que la diversidad florística es considerablemente menor que en el sistema anterior.

- Monocultivo bajo sombra especializada: es un sistema moderno y comercial de producción de café, en el cual se utilizan solo sombras de leguminosas (*Inga* o *Erythrina* generalmente) principalmente. De esta forma se crea una plantación monoespecífica bajo un dosel (estrato de sombra) igualmente especializado. En este caso el uso de agroquímicos se torna una práctica obligada y la unidad productiva se concentra en una producción exclusivamente dirigida al mercado.

- Monocultivo bajo sol: este sistema elimina el componente arbóreo de sombra y representa un sistema agrícola que pierde el carácter agroforestal de los sistemas anteriores. Convertido ya en una plantación especializada, el café requiere de grandes insumos de agroquímicos e

incluso de maquinaria. En este sistema se alcanzan los más altos rendimientos de café por unidad de superficie.

En Costa Rica, el café es producido en siete regiones ubicadas en Tarrazú, Brunca, Orosí, Tres Ríos, Turrialba, Valle occidental y Valle central (ICAFE 2008). Los sistemas de producción predominantes son a pleno sol (Perfecto et ál. 1996), bajo sombras integradas principalmente por *Erythrina poeppigiana* (Leguminosae), *Cordia alliodora* (Boraginacea) y *Musa* spp (Musaceae) (DeClerck 2007). Los sistemas de producción bajo sombra se caracterizan por tener sombra monoespecífica de un solo estrato generalmente con *Eythrina poeppigiana* o bajo sombra de dos estratos compuestos por *Erythrina poeppigiana* y *Cordia alliodora* (Somarriba et ál. 2004).

2.3 Biodiversidad en sistemas agroforestales con café

En el neotrópico, los SAF's con café han sido motivo de diversos estudios en la conservación de la biodiversidad (Gallina et ál. 1996, Perfecto et ál. 1996, Greenberg et ál. 1997, Horner-Devine et ál. 2003), debido a su importancia económica (Rice y Ward 1996, O'Brien y Kinnaird 2003), al empleo tradicional de sombra (Perfecto et ál. 1996, Beer et ál. 1998), a la gran variedad de sistemas de producción (Moguel y Toledo 1999, Somarriba et ál. 2004) y la coincidencia de las regiones de producción en áreas de importancia mundial para la conservación (Myers et ál. 2000). La biodiversidad en estos SAF's puede ser clasificada en biodiversidad planificada y asociada. La primera se refiere a las especies que son manejadas por el hombre, tales como la diversidad genética del café y las especies de árboles de sombra. La segunda está relacionada con especies no incluidas en los planes del productor, que habitan de manera temporal y/o permanente dentro del sistema de producción. Esta última clasificación incluye a la vida silvestre como malezas, fauna, epífitas, microorganismos, plagas y enfermedades (Schroth et ál. 2004, Somarriba et ál. 2004).

Numerosos estudios han mostrado la importancia de los SAF's con café en la conservación de especies arbóreas, aves, mamíferos terrestres, artrópodos, anfibios y reptiles (Perfecto et ál. 1996, Greenberg et ál. 1997, Moguel y Toledo 1999, Somarriba et ál. 2004, Florian 2005). Los resultados son consistentes con el principio ecológico general del incremento de la riqueza y diversidad de especies con el aumento de la diversidad estructural y florística del hábitat, pero

también indican que la estructura de comunidades cambia con el aumento de disturbios en el hábitat. Así mismo, el componente arbóreo de sombra varía en su aptitud como hábitat para la vida silvestre, dependiendo de la especie, tamaño del cafetal y distancia del cafetal a fragmentos de bosque (Donald 2004). A pesar de las ventajas que representa el café bajo sombra para la conservación de la biodiversidad, no puede proveer los mismos nichos ni hábitats que brindan los bosques originales y no deben ser promovidos como una herramienta de conservación a expensas de la conservación del bosque natural (Rappole et ál. 2003, Donald 2004). Pero la pérdida de especies en estos SAF's es mínima comparada con la enorme pérdida en otros sistemas de producción con mayor intensidad de manejo. Además, pueden proveer refugio para muchas especies a escala de paisaje, fomentar el control biológico de plagas con depredadores naturales como hormigas y arañas (Perfecto et ál. 1996, Somarriba et ál. 2004), y funcionar como una zona de amortiguamiento para áreas naturales protegidas o fragmentos de bosque (Philpott y Dietsch 2003).

2.4 La biodiversidad de mariposas en sistemas agroforestales con café

Estudios recientes han demostrado que los cafetales bajo sombra son agroecosistemas que pueden conservar la biodiversidad de mariposas en distintos grados dependiendo del sistema de producción en particular, la intensidad de manejo y su ubicación en el paisaje. Los estudios se han enfocado en mariposas diurnas (frugívoras y no frugívoras) y nocturnas (polillas) principalmente en el área de Mesoamérica (Costa Rica y Chiapas, México) (Ricketts et ál. 2001, Horner-Devine et ál. 2003, Mas y Dietsch 2003, Perfecto et ál. 2003). En un estudio comparativo entre plantaciones intensivas de café (bajo sol y/o sombra especializada) y una reserva natural (Estación Biológica Las Cruces) en Costa Rica, Horner-Devine (2003) determinó que las especies no frugívoras son más comunes de encontrar en las plantaciones de café que en hábitats de bosque. Además, es mayor la probabilidad de encontrar especies de amplia distribución geográfica en cafetales que especies de distribución restringida a bosques. Específicamente, la riqueza de mariposas frugívoras disminuye conforme aumenta la intensidad de manejo de los cafetales, esto significa que este gremio es favorecido por cafetales de mayor diversidad florística y estructural como los sistemas rústico y policultivo tradicional, evidenciado en Chiapas, México (Mas y Dietsch 2003, Perfecto et ál. 2003). Por otra parte, se ha identificado a la subfamilia Satyrinae perteneciente al gremio de las

frugívoras como la más abundante y de mayor distribución entre los SAF's modernos (monocultivos bajo sombra especializada) con café (Horner-Devine et ál. 2003, Mas y Dietsch 2003).

2.5 Factores que afectan la biodiversidad de mariposas en cafetales

En los SAF's con café, la conservación de la flora y fauna nativa dependen de una variedad de factores, que incluyen la diversidad estructural y funcional de la sombra, la densidad de árboles, la presencia de plantas silvestres en el dosel bajo, el manejo de la plantación, y la composición y estructura del paisaje circundante (Somarriba et ál. 2004).

2.5.1 Estructura y composición florística de los cafetales

Los SAF's con café pueden funcionar como hospederos de insectos que se alimentan de especies herbáceas o especies arbóreas. Los cafetales con mayor diversidad de sombras y estratos ofrecen una gran variedad de fuentes alimenticias y hábitat, los cuales permiten tener una gran diversidad de insectos (Perfecto et ál. 1996, Monterrey et ál. 2001, Rojas et ál. 2001). Particularmente, el número de especies de mariposas en cafetales bajo sombra es influenciado por la abundancia y diversidad de plantas silvestres que proveen fuentes alimenticias para las orugas (Somarriba et ál. 2004). Así mismo, se ha determinado que los SAF's con café de mayor complejidad estructural y florística, como el sistema rústico, mantienen una riqueza de especies de mariposas frugívoras similar a la de bosques naturales. Por lo que podemos deducir, que las especies nativas en la composición florística de la sombra de cafetales son un factor importante para favorecer una mayor diversidad de mariposas frugívoras (Perfecto et ál. 2003).

2.5.2 El manejo agroforestal de los sistemas de producción de café

Al café bajo sombra se le han atribuido ventajas como un agroecosistema con grandes potenciales para conservar la biodiversidad. A pesar de esto, existen diferencias en cuanto a prácticas de manejo que pueden afectar significativamente la biodiversidad presente en estos SAF's (Johnson 2000, Mas y Dietsch 2003, Rappole et ál. 2003, Somarriba et ál. 2004). Las

prácticas de manejo más comunes en los SAF's con café son aquellas que tienen que ver con el manejo de la sombra y el manejo agronómico de cafetos. Aunque no existe un estudio específico sobre el efecto directo del manejo agroforestal en la biodiversidad de mariposas, se ha evidenciado que las fincas agrícolas bajo manejo orgánico fomentan una mayor abundancia de mariposas diurnas que las fincas con aplicación de agroquímicos (Feber et ál. 1997). Además, la altura, riqueza y profundidad de copa de árboles de sombra, el porcentaje de sombra, así como la densidad y altura de cafetos afectan principalmente a la riqueza de mariposas frugívoras. Ya que una mayor intensidad de manejo de los SAF's con café, que se refleja en la disminución de la riqueza de árboles, porcentaje de sombra, altura de los árboles (ya sea por podas o por las características propias de la especie), y el aumento en la densidad de cafetos y la utilización de variedades de porte bajo (que requieren de mayores insumos en agroquímicos), disminuye la riqueza de mariposas frugívoras. A diferencia de SAF'S con café tradicionales como el sistema rústico (de menor intensidad de manejo) que mantiene la máxima riqueza de especies frugívoras de todos los sistemas de producción de café (Mas y Dietsch, 2003), ya que este sistema mantiene las características biofísicas de un bosque natural y sin ningún manejo de la sombra (Figura 1).

2.5.3 Influencia del paisaje en la biodiversidad de mariposas presentes en cafetales

En el neotropico, los paisajes agropecuarios con alta intervención humana frecuentemente están compuestos por fragmentos de bosques, pastizales, cultivos agrícolas permanentes y anuales (Daily 2001), en donde los fragmentos de bosque contribuyen a que exista una mayor diversidad biológica a nivel de paisaje. En este sentido, la distancia a fragmentos de bosque con respecto a hábitats agrícolas, es un factor que influye en la biodiversidad de especies presentes en paisajes agrícolas. Por ejemplo, en un estudio realizado en la vertiente del Pacífico de Costa Rica, se encontró que en cafetales con manejo intensivo (bajo sol y sombra especializada) cercanos a fragmentos de bosque difieren, en composición pero no en riqueza de especies, de aquellas plantaciones alejadas a fragmentos de bosque. En general los cafetales cercanos a fragmentos de bosque poseen una mayor riqueza y abundancia que las plantaciones sin fragmentos de bosque adyacentes. (Horner-Devine et ál. 2003). Por el contrario, en otro estudio realizado en la misma zona, las mariposas nocturnas presentan una mayor riqueza y

abundancia en cafetales cercanos (< 1 km) a fragmentos de bosque que las de plantaciones alejadas (>3.5 km). Además, la composición de especies difiere significativamente entre las clases de distancia, siendo los sitios cercanos más similares a la del bosque que los sitios retirados (Ricketts et ál. 2001).

Por lo anterior, se deduce que los fragmentos pequeños de bosques y aislados pueden ayudar a retener la diversidad de mariposas en paisajes tropicales e incrementar el valor de la conservación de los paisajes agrícolas. Además, para entender la distribución de las mariposas en paisajes agrícolas, es necesario conocer el área específica que abarcan y no solamente considerar si atraviesan o no ciertos hábitats (Ricketts et ál. 2001, Horner-Devine et ál. 2003). Esto para conocer que grupos de mariposas dependen de fragmentos de bosque continuos (o fragmentos grandes) y cuales pueden persistir en paisajes con pequeños fragmentos de bosque.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización del estudio.

El estudio se realizó en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca (CBVCT) localizado en los cantones de Turrialba y Jiménez de la provincia de Cartago (Figura 2), en la parte Este de Costa Rica, entre las coordenadas geográficas: 9° 43' – 10° 02' N y 83° 25' – 83° 50' W, cubriendo una superficie total de 71,386 ha. (Florian 2005). La zona de estudio presenta un rango altitudinal que comprende de los 339 msnm en el distrito de Peralta hasta los 3340 msnm en el Volcán Turrialba. Limita al norte con los Humedales de Bonilla, al noroeste con el Parque Nacional Volcán Turrialba y la Reserva Forestal Cordillera Volcánica Central, al oeste limita con la ciudad de Turrialba, al suroeste con el Parque Nacional Tapantí, al sur con La Reserva Privada de Vida Silvestre la Marta y la Zona Protectora de la Cuenca del Río Tuis, al sureste con la Reserva Forestal del Río Macho, al este con la Reserva Indígena Cabécar Chirripó, al noreste con la Reserva Forestal Río Pacuare e incorpora el área del Monumento Nacional Guayabo (Canet 2003).

De acuerdo con la clasificación de zonas de vida de Holdridge (2000), el corredor cuenta con siete zonas de vida, siendo las más representativas el bosque húmedo premontano que cubre el 53 % del área, el bosque pluvial premontano que ocupa el 22% y el bosque muy húmedo montano con 5 % del área (Canet 2003). Presenta una temperatura promedio anual de 21.8°C

y una precipitación promedio mensual de 224.4 mm. Particularmente, el cantón de Turrialba cuenta con tres tipos de suelos, encontrándose la presencia de Andisoles, Ultisoles e Inceptisoles (ICAFE-CIA 2001). En cuanto al uso del suelo, predomina la cobertura boscosa ocupando el 40 % del corredor, los pastizales un 24 % y el área de café un 14 % y el resto por otros usos (Murrieta 2006).

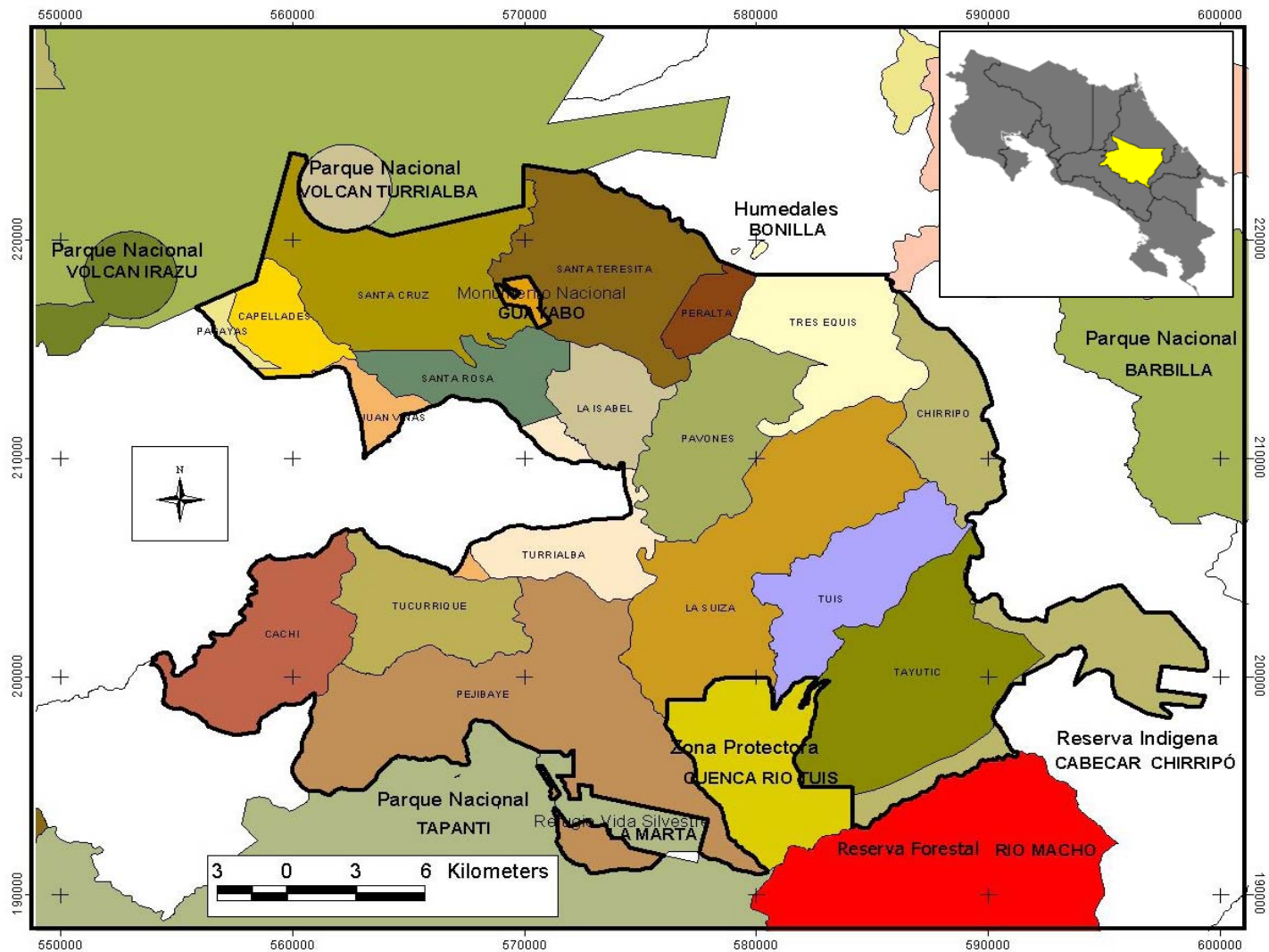


Figura 2. Localización del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2006 (Modificado de Ramírez 2006).

3.2 Selección de plantaciones de café

Los SAF's con café en la zona de estudio se caracterizan por tener de uno a dos estratos de sombra, siendo frecuentes las especies conocidas como poró (*Erythrina poeppigiana*, Leguminosae), laurel (*Cordia alliodora*, Boraginaceae) y diversas especies de *Musa* spp. (Somarriba et ál. 2004, Florian 2005, Porras 2006). Para el presente trabajo de investigación se seleccionaron tres SAF's modernos con café, comunes y frecuentes en el corredor biológico, con tecnología semitecnificada de producción convencional, y diferentes intensidades de manejo y composición de sombra. Estos sistemas de producción corresponden a la clasificación tecnológica de producción moderna, caracterizado por una sombra especializada, uso de variedades de cafetos de porte bajo con alto rendimiento, altas densidades de siembra, aplicación de agroquímicos y podas frecuentes de árboles de sombra (Perfecto et ál. 1996) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Tipología de manejo semitecnificado de cafetales en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica

Manejo agronómico	Características de manejo
Densidad de cafetos	De 3000 a 5000 plantas por ha
Trazado	Traza uniforme
Resiembras	Mínimo cada dos años
Poda de cafetos	Por planta cada ciclo de producción
Deshija	Una vez al año
Regulación de sombra	Un descope y un desrame al año (<i>Erythrina poeppigiana</i>)
Fertilización	De dos a tres veces al año
Control de plagas y enfermedades	Control químico, cultural y trampeo
Control de malezas	Control químico con herbicidas (4 a 6 veces al año)
Rendimiento de café	De 920 a 1380 kg de café oro por ha

Fuente: Porras (2006).

Los sistemas agroforestales con café seleccionados fueron los siguientes: café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL) y café-poró-musa (CPM) (Florian 2005, Porras 2006, George 2006) (Figura 3), que a continuación se describen:

1. Café-poró (CP): en este SAF predomina la sombra de poró (*Erythrina poeppigiana*), con una altura media de 5 m y una densidad promedio de 349 árboles por ha. El porcentaje promedio de sombra es del 45% (Florian 2005, Florian et ál. 2007).

2. Café-poró-laurel (CPL): en este SAF, las sombras dominantes son el poró (*Erythrina poeppigiana*) y el laurel (*Cordia alliodora*), con alturas promedio de 5 m y 10.6 m y una densidad media de 264 y 136 árboles por ha respectivamente. El porcentaje promedio de sombra es del 50% (Florian 2005, Florian et ál. 2007).

3. Café-poró-musa (CPM): en este SAF, dominan las sombras de poró (*Erythrina poeppigiana*) y varias variedades de plátano (*Musa sapientum*) y banano (*Musa paradisiaca*). Con una densidad promedio por hectárea de 100 árboles de poró y 327 plantas de musáceas. El porcentaje promedio de sombra es de 68% y en muchos casos son componentes temporales en el cafetal (Llanderal 1998, Porras 2006).

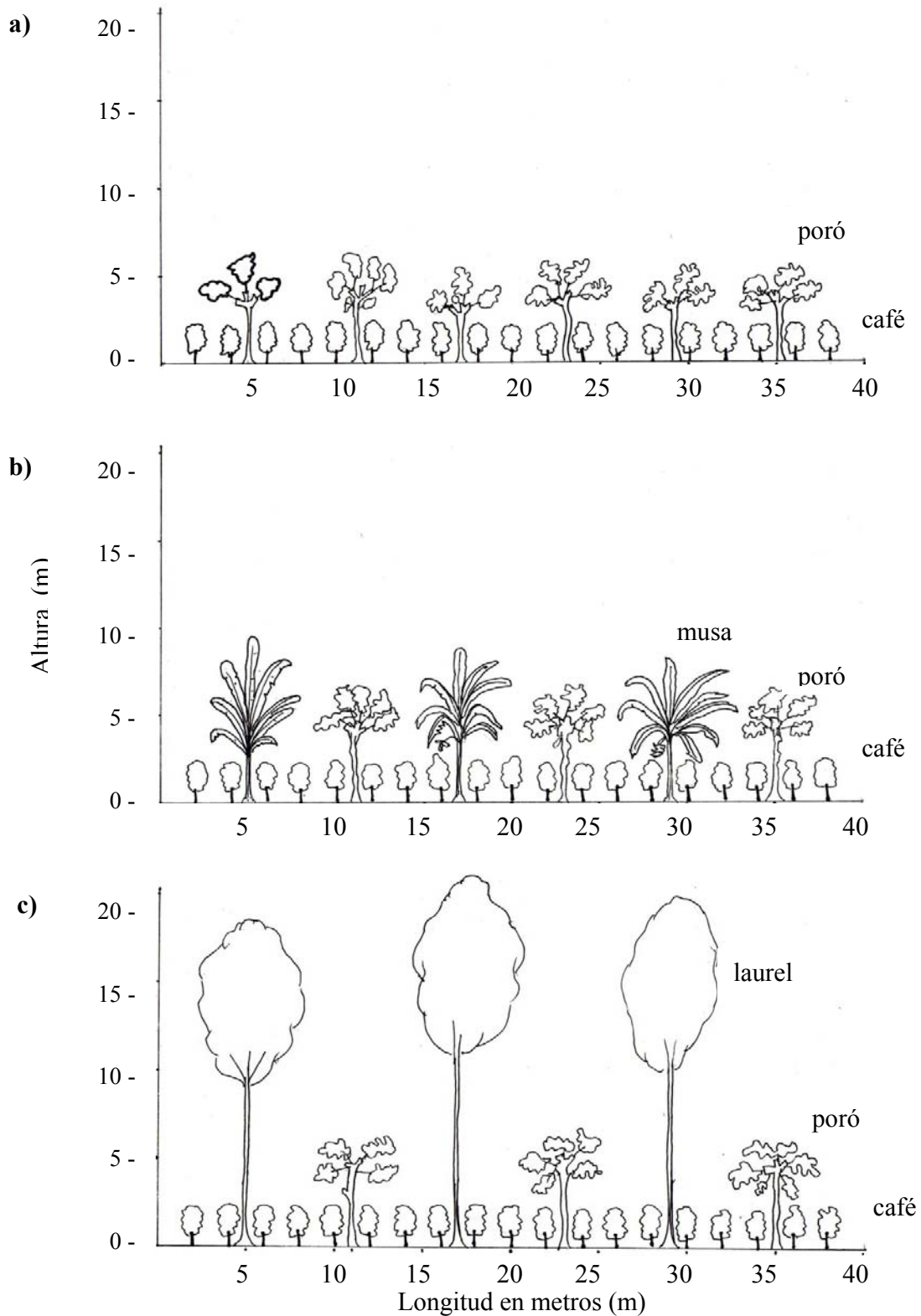


Figura 3. Representación esquemática de los sistemas agroforestales con café evaluados en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica 2007. a): café-poró, b): café-poró-musa y c): café-poró-laurel.

Conforme a los requerimientos de la metodología para la caracterización de mariposas fue necesario que los cafetales tuvieran una superficie mínima de una hectárea. Por otra parte, para tener homogeneidad en características ambientales (clima y vegetación) y faunísticas (altura, zona de vida y especies de mariposas) se eligieron los cafetales ubicados dentro de un rango de alturas entre 600 y 1000 msnm coincidente con la zona de vida de bosque húmedo premontano (Florian 2005). Además, debido a la gran variabilidad en densidades de árboles de sombra que se presentaban en la zona, se seleccionaron las plantaciones con una distribución espacial homogénea de árboles y con manejo activo de los mismos.

De acuerdo a estos criterios de selección de cafetales, con el apoyo del Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE) e información generada por el CATIE, se elaboró una lista de productores de café con los datos domiciliarios, ubicación de la plantación, tipo de sombra, altura sobre el nivel del mar y superficie en producción. Posteriormente, mediante el contacto directo con los propietarios y visita a campo de los cafetales, se seleccionaron seis cafetales representativos de cada SAF (CP, CPL y CPM) correspondientes a la tipología de manejo semitecnificado, obteniendo un total de 18 cafetales (Figura 4). Para tener una base de referencia de las especies de mariposas dependientes de bosques de la zona de estudio, se seleccionaron de manera adicional seis áreas de fragmentos de bosque caracterizados por tener especies de plantas tanto de bosque primario y secundario con una edad promedio de 22 años, siendo indicadoras las siguientes especies arbóreas: *Vismia macrophylla*, *Vochysia allenii*, *Miconia punctata* y la especie de palma *Euterpe precatoria* (Murrieta 2006) (Anexo 4). El componente florístico no se muestreó, debido a que estudios recientes han caracterizado los SAF's con café y los FR de la zona de estudio (v.gr. Florian 2005, Murrieta 2006, Porras 2006).

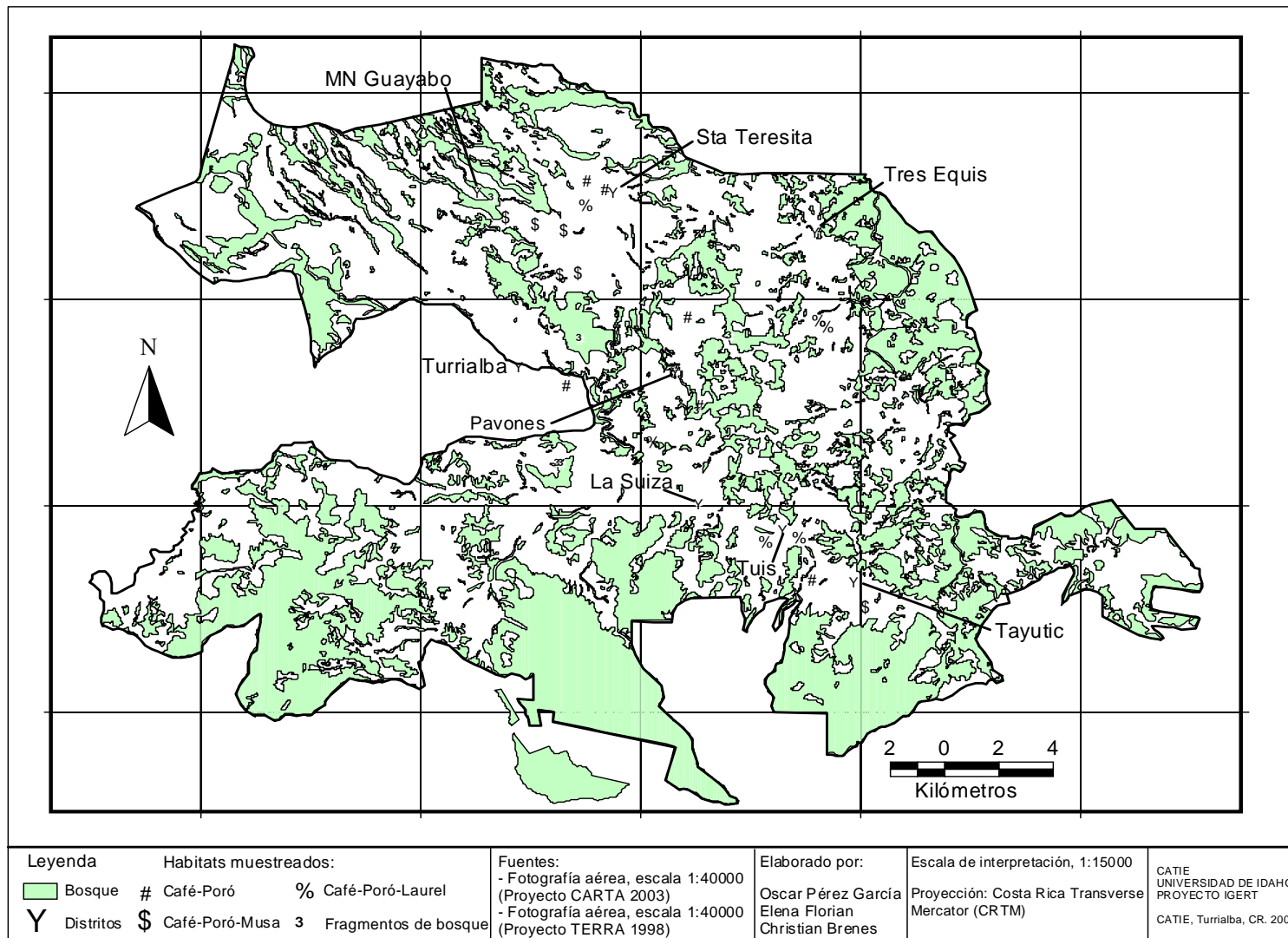


Figura 4. Ubicación de las parcelas de muestreo de los hábitats café-poró (CP), café-poró-musa (CPM), café-poró-laurel (CPL) y fragmentos de bosque (FR) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica 2007.

3.3 Muestreo de lepidópteros

En el muestreo de mariposas se estableció en cada cafetal y sitio de bosque una parcela temporal de 80 m × 80 m (0.64 ha), ubicándolos a una distancia mínima de 10 m del borde de cada sistema, dentro de los cuales se establecieron tres transectos paralelos de 80 m × 4 m cada uno y distanciados a 25 m entre los mismos (Figura 5). Se realizó un premuestreo de mariposas diurnas en cada parcela temporal durante 6 días en el mes de abril de 2007 con la finalidad de realizar un inventario preliminar y familiarizarse con la metodología. Se realizaron recorridos de 30 minutos en cada transecto establecido, capturando con red entomológica todas las especies adultas de mariposas diurnas, al mismo tiempo identificando las mismas con guías ilustradas (DeVries 1987, 1997; Chacón y Montero 2007) y liberando los ejemplares capturados. Se excluyó la familia Hesperidae debido a la falta de información para la identificación de sus especies (Tobar 2004).

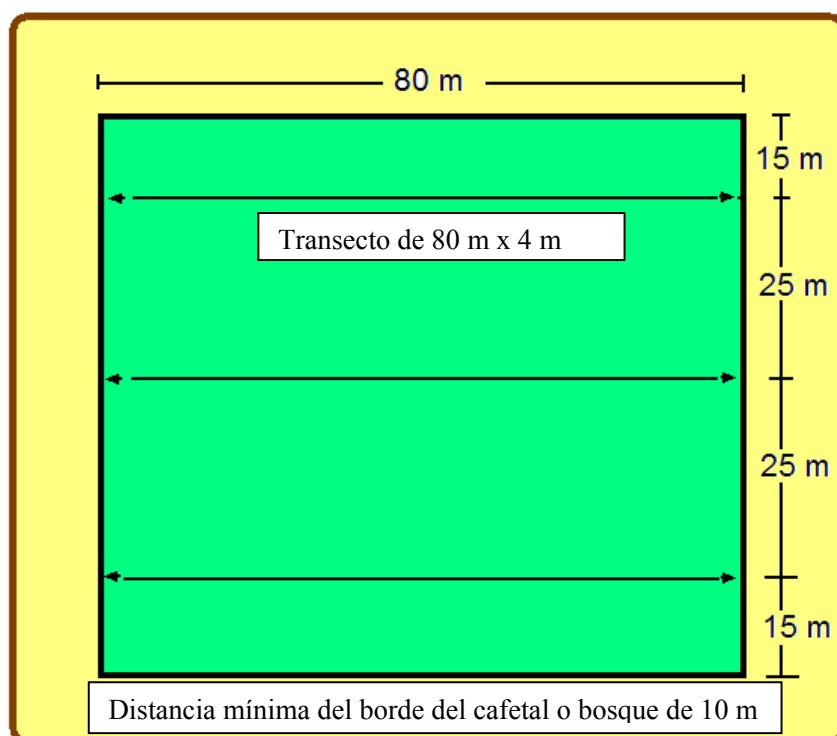


Figura 5. Diseño y ubicación de parcelas y transectos de muestreo para mariposas diurnas en cafetales y fragmentos de bosque en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007.

Posteriormente, se procedió a realizar la fase de muestreo realizando recorridos a un paso constante de 30 minutos en cada transecto (1.5 horas por parcela) entre las 8:00 y 15:00 horas en días soleados y con poco viento, capturando, registrando, liberando o colectando especies difíciles de identificar dentro de un margen de 2 m a cada lado de la línea base de los transectos. Dicho muestreo consistió en recorrer los tres transectos de cada parcela temporal en un mismo día y visitando todas las parcelas temporales (24) en un mes durante los meses de mayo, junio y julio de 2007, cambiando el horario de muestreo en cada visita realizada para tener una mejor representación de las especies en todos los sitios de muestreo. Mediante este procedimiento se obtuvo un esfuerzo de muestreo de 4.5 horas por parcela temporal y 27 horas por tratamiento (Cuadro 3). Las especies registradas se clasificaron posteriormente según su gremio alimenticio (acimófagas y nectarívoras) y preferencia de hábitat (especies de áreas abiertas, de áreas cerradas y generalistas) de acuerdo con DeVries (1987, 1997), Chacón y Montero (2007) e INBIO (2007). En la clasificación por gremios alimenticios, las nectarívoras son las especies adultas que se alimentan del néctar de flores; las acimófagas se alimentan del jugo de frutos en descomposición, hongos en descomposición, savia, animales muertos y heces de animales. En la clasificación por preferencias de hábitat, las especies de áreas abiertas son las especies adultas que vuelan directamente bajo la luz solar y en espacios abiertos; las especies de áreas cerradas prefieren hábitats con cobertura arbórea como bosques primarios, bosques secundarios, bosques ribereños y charrales; y las especies generalistas son especies adultas que pueden adaptarse o tolerar cualquier tipo de hábitat.

Cuadro 3. Determinación del esfuerzo de muestreo para mariposas diurnas en 18 parcelas en cafetales y seis parcelas en fragmentos de bosques en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007

Nivel de muestreo	Esfuerzo de muestreo (minutos)	Esfuerzo de muestreo (horas)
Por transecto	30	0.5
Por parcela temporal (una visita o un muestreo)	90	1.5
Total por parcela temporal (3 veces de muestreo)	270	4.5
Por hábitat (Total por parcela × 6 repeticiones)	1620	27
Total (tiempo por hábitat × 4 hábitats)	6480	108

3.4 Caracterización del contexto paisajístico

Con la finalidad de determinar el efecto de los fragmentos de bosque sobre la biodiversidad de mariposas en cafetales, se calculó el porcentaje de cobertura boscosa alrededor de cada sitio de muestreo en círculos concéntricos con radios cada 50 m hasta un radio máximo de 600 m (Figura 6). Para esto se empleó el software ArcView 3.2 con la extensión Geoprocessing y el mapa correspondiente de cobertura boscosa generada por investigaciones recientes del CATIE (Florian 2005, Murrieta 2006).

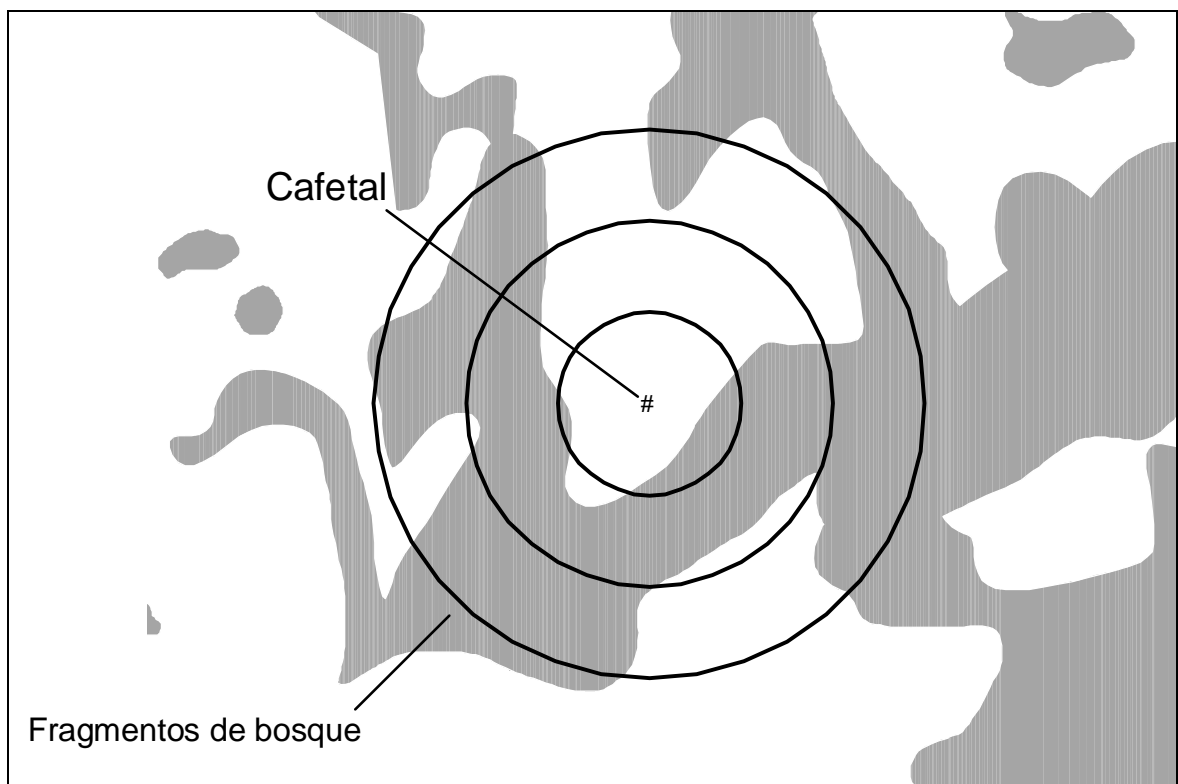


Figura 6. Ejemplo de la caracterización de la cobertura boscosa a diferentes radios de medición (solo se muestran radios de 200 m, 400 m y 600 m para su mejor visualización), alrededor de 18 parcelas en cafetales en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica 2007.

3.5 Análisis de datos

3.5.1 Análisis de la biodiversidad de lepidópteros

En cada hábitat evaluado, se realizaron curvas de acumulación de especies, que representan los promedios de re-muestreo (con 1000 aleatorizaciones) de todos los individuos de mariposas obtenidas en cada hábitat. Para esto se tuvieron que estandarizar y graficar los datos para un mismo número de individuos con el propósito de comparar la riqueza de especies esperadas entre hábitats empleando el programa estadístico Estimates 7.5 (Colwell 2005). Dicho programa estadístico, también fue utilizado para estimar las especies esperadas en cada uno de los hábitats muestreado a través de los estimadores Chao 1 y la ecuación de Clench (Cuadro 4). Para la estimación con la ecuación de Clench, se realizó una regresión no lineal utilizando el programa estadístico Infostat (Infostat 2007).

Cuadro 4. Determinación y descripción de la estimación paramétrica (Chao1) y no paramétrica (Ecuación de Clench) de especies esperadas de mariposas diurnas en cada uno de los hábitats muestreados: café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL), café-poró-musa (CPM) y fragmentos de bosque (FR), en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007

Estimador de especies Chao 1	Estimador de especies de Clench
$\text{Chao 1} = S + \frac{a^2}{2b}$ <p>donde: S = Número de especies en una muestra a = Número de especies que están representadas solamente por un único individuo en una muestra (<i>singletons</i>) b = Número de especies representadas por exactamente dos individuos de la muestra (<i>doubletons</i>)</p> <p>Chao 1 es un estimador no paramétrico del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra. Es un estimador no-paramétrico en el sentido estadístico, ya que no asumen el tipo de distribución del conjunto de datos y no los ajustan a un modelo determinado. Requieren solamente datos de presencia-ausencia.</p>	$E(S) = \frac{ax}{1+bx}$ <p>donde: a = ordenada al origen b = pendiente x = número de individuos</p> <p>Estimador de especies en función del número acumulativo de muestras mediante regresión no lineal. Nos indica que la probabilidad de encontrar una nueva especie aumentará (hasta un máximo) conforme más tiempo se pase en el campo.</p>

Fuente: Moreno (2001).

A partir de la abundancia relativa de las especies encontradas en cada hábitat se construyeron curvas de distribución de las abundancias (Magurran 2004) para cada sistema evaluado. Esto con la finalidad de analizar principalmente patrones de abundancia y frecuencia de observación de mariposas diurnas en SAF's con café y fragmentos de bosque.

Mediante la riqueza de especies y el número de individuos por especie de mariposas obtenidos en los tres transectos de cada parcela de muestreo de 80 m × 80 m se calculó la riqueza de especies (S), la abundancia (N), los índices de diversidad de Shannon (H') y de Simpson (1-λ), y el índice de Equidad de Pielou (E) (Cuadro 5). De igual manera, se calculó para cada parcela la riqueza y abundancia de especies de mariposas diurnas por gremios alimenticios (acimófagas y nectarívoras) y por preferencia de hábitat (especies de áreas abiertas, de áreas cerradas y generalistas). Los valores de estas variables obtenidos en cada hábitat (CP, CPL, CPM y FR) se compararon mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y una prueba de comparación de medias de Fisher, para un diseño completamente aleatorizado. Los SAF's (CP, CPL y CPM) y los FR fueron los tratamientos, y la riqueza, la abundancia, los índices de diversidad Shannon-Simpson e índice de Equidad de las especies de mariposas fueron las variables de respuesta. Por lo tanto, el modelo matemático empleado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + Z_i + \mathcal{E}_{ij}$$

donde Y_{ij} es la j-ésima observación en el i-ésimo tratamiento (riqueza, abundancia y diversidad de mariposas en cada hábitat), μ es la media general de las observaciones, Z_i es el efecto del i-ésimo tratamiento y \mathcal{E}_{ij} es el error (con distribución normal, media cero y varianzas homogéneas). El análisis estadístico correspondiente se realizó a través del programa estadístico Infostat (Infostat 2007).

Cuadro 5. Determinación y descripción de los índices de diversidad de Shannon y Simpson, y Equidad

Índice de Shannon-Wiener	Índice de Simpson	Equidad de Pielou
$H' = - \sum p_i \ln p_i$ <p>donde: p_i = abundancia relativa de cada especie en la población. $\ln p_i$ = es el logaritmo natural de p_i</p> <p>Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos.</p>	$\lambda = \sum p_i^2$ <p>donde: p_i = abundancia proporcional de la especie i.</p> <p>Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes.</p>	$J' = H'/H'_{\max}$ <p>donde: H' = Índice de Shannon-Wiener $H'_{\max} = \ln (s)$</p> <p>Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 1, de forma que 1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes.</p>

Fuente: Moreno (2001).

Para diferenciar la composición de especies de mariposas entre los hábitats evaluados (CP, CPL, CPM y FR), se realizó un análisis de conglomerados mediante los índices de similitud de Sorensen Cuantitativo (Magurran 2004) y el método de agrupación Flexible Beta (McCune y Mefford 1999). Dicho análisis se realizó mediante el programa PC-ORD V4.34 (McCune y Mefford 1999) con la finalidad de generar un dendrograma de agrupación de parcelas similares en composición de especies. Particularmente, el cálculo del coeficiente de similitud de Sorensen cuantitativo se realizó mediante la fórmula: $C_N = 2jN/(Na + Nb)$, donde Na y Nb son los números de individuos en los sitios A y B respectivamente y jN es la sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas entre ambos sitios. El intervalo de valores para este índice va de 0, cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1, cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (Magurran 2004).

Una vez realizados las agrupaciones de parcelas mediante el dendrograma, se realizó un análisis de especies indicadoras, mediante el método propuesto por Dufrene y Legendre (McCune y Mefford 1999), que combina la información sobre la concentración de la abundancia de una especie en un grupo en particular y la significancia estadística de la ocurrencia de una especie en un grupo exclusivo, a través de una prueba de Montecarlo. El análisis de especies indicadoras se realizó con 1000 simulaciones mediante la técnica de Montecarlo utilizando el programa PC-ORD V4.34 (McCune y Mefford 1999). El valor indicador de especies se obtuvo mediante la siguiente fórmula: $VI_{kj}(\%) = (AR_{kj} * FR_{kj}) * (100)$, donde AR_{kj} es la abundancia relativa de la especie j en el grupo k , y FR_{kj} es la frecuencia relativa de la especie j en el grupo k . El rango del valor indicador va de 0 a 100, donde el valor 100 es un indicador perfecto de un grupo o tipo de comunidad (McCune y Mefford 1999).

Así mismo, se calculó la diversidad de mariposas diurnas entre los hábitats (CP, CPL, CPM y FR) mediante el índice de complementariedad (Colwell y Coddington 1995), que expresa en porcentaje la diferencia de especies entre dos hábitats: $C = (S_j + S_k - 2V_{jk}) / (S_j + S_k - V_{jk}) * 100$, donde S_j y S_k son los números de especies entre los hábitat j y k respectivamente, y V_{jk} es el número de especies compartidas entre los hábitats j y k . Los valores del índice varían de 0 a 100, donde cero indica que las especies son idénticas en los dos hábitats, y el valor 100 indica que las especies son completamente diferentes.

3.5.2 Análisis de la relación entre el paisaje y la biodiversidad de mariposas

Se determinó a que escala (ha) influye la cobertura boscosa (%) en la riqueza y abundancia de mariposas diurnas en cafetales, utilizando los datos obtenidos del mapa digital (SIG) de cobertura boscosa alrededor de cada sitio de muestreo de diferentes radios (cada 50 m hasta los 600 m). Para esto se realizaron pruebas de correlación de Pearson, como una medida adimensional del grado en que dos variables varían conjuntamente (intensidad de asociación). En este caso los dos grupos de variables asociados fueron las correspondientes a mariposas (riqueza y abundancia) y paisaje circundante (% de cobertura boscosa circundante a los cafetales a diferentes radios) de cada uno de los cafetales (n=18) muestreados. Por lo que se obtuvieron dos grupos de coeficientes y/o pruebas de correlación correspondientes a las siguientes relaciones: 1).- riqueza de mariposas y porcentaje de cobertura boscosa y 2).-

abundancia de mariposas y porcentaje de cobertura boscosa. Estos análisis de correlación se realizaron por gremios alimenticios (nectarívoras y acimófagas) y por preferencias de hábitat (especies de áreas abiertas, de áreas cerradas y generalistas). Por otra parte, para identificar la distancia a la cual la riqueza y abundancia de mariposas esta correlacionada significativamente con el porcentaje de bosque circundante, se graficaron los datos de coeficientes de correlación de Pearson obtenidos en los diferentes radios (cada 50 m hasta 600 m) evaluados, realizando las pruebas de hipótesis correspondientes mediante el software estadístico InfoStat. Los coeficientes de correlación y las pruebas de hipótesis correspondientes se realizaron mediante las siguientes fórmulas:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

donde cada variable aplicado al estudio significa lo siguiente: X_i son las variables de riqueza y abundancia de mariposas presentes en cada parcela de café (por gremios alimenticios y preferencias de hábitat), \bar{X} es la variable de riqueza y abundancia promedio de mariposas presentes en los cafetales (por gremios alimenticios y preferencias de hábitat), Y_i es la variable de paisaje de cada sitio de muestreo (% de cobertura boscosa circundante a los cafetales) y \bar{Y} es la variable promedio de paisaje (promedio del % de cobertura boscosa circundante a los cafetales).

La fórmula del estadístico T de Student es:

$$T = \frac{r}{\sqrt{\frac{1-r^2}{n-2}}}$$

donde r es el coeficiente de correlación de Pearson y (n – 2) son los grados de libertad.

4. RESULTADOS

4.1 Composición de la comunidad de mariposas diurnas en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca (CBVCT), Costa Rica.

4.1.1 Composición general de la comunidad de mariposas

Se registraron 1259 individuos de mariposas diurnas, pertenecientes a 106 especies, 15 subfamilias y cinco familias, en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica (Cuadro 6). Las subfamilias con mayor número de individuos fueron: Satyrinae (35.2% de los individuos), Ithomiinae (14.9% de los individuos) y Coliadinae (12.7% de los individuos). En cuanto a riqueza, las subfamilias con mayor número de especies fueron: Ithomiinae (25.5% de las especies), Heliconiinae (13.2% de las especies) y Satyrinae (11.3% de las especies). Las subfamilias con el menor número de individuos y especies fueron: Danainae (0.3% de los individuos y 2.8% de las especies), Dismorphiinae (0.2% de los individuos y 1.9% de las especies) y Acraeinae (0.3% de los individuos y 0.9% de las especies). Las especies *Hermeuptychia hermes* y *Cissia usitata*, ambos pertenecientes a la subfamilia Satyrinae, fueron las más abundantes en todo el paisaje con un 19% y 8% respectivamente del total de individuos registrados (Anexo 3), y 26 especies estuvieron representados por un solo individuo.

4.1.2 Composición de la comunidad de mariposas entre los hábitats evaluados

En el hábitat CP se encontraron 280 individuos, pertenecientes a 35 especies, 13 subfamilias y cinco familias. En CPL se registraron 303 individuos pertenecientes a 38 especies, 11 subfamilias y cuatro familias. El SAF de CPM resultó con 350 individuos pertenecientes a 45 especies, 12 subfamilias y cinco familias. Y en los FR se cuantificaron 326 individuos pertenecientes a 65 especies, 12 subfamilias y cinco familias (Cuadro 6).

En el ámbito taxonómico, la subfamilia con mayor número de individuos en los tres SAF's con café (CP, CPM y CPL) fue Satyrinae, seguidos consecutivamente por las subfamilias Lycaeninae en CP (17.1% de los individuos en este hábitat) y Coliadinae en CPM (14.3% de los individuos) y CPL (26.4% de los individuos). En los FR, las subfamilias con mayor

número de individuos fueron Ithomiinae (49.1% de los individuos en este hábitat), Satyrinae (18.1% de los individuos) y Heliconiinae (15.6% de los individuos). Respecto a las subfamilias con mayor riqueza en cada uno de los hábitats, el CP resultó con la mayor riqueza de especies de la subfamilia Coliadinae (20% de las especies de este hábitat) y Heliconiinae (17.1% de las especies). El CPL estuvo mejor representado por las subfamilias Satyrinae (23.7 de las especies) y Coliadinae (18.4% de las especies). Así mismo, CPM resultó con la mayor riqueza de especies de las subfamilias Satyrinae (17.8% de las especies) y Nymphalinae (13.3% de las especies). Los FR se caracterizaron por tener un mayor número de especies de las subfamilias Ithomiinae (40% de las especies), Heliconiinae (15.4% de las especies) y Satyrinae (12.3% de las especies).

Las subfamilias Coliadinae y Nymphalinae solo se registraron en los SAF's con café y las subfamilias Dismorphinae y Morphinae fueron exclusivas de los FR. Además, se apreció un nuevo registro para la zona Atlántica en los FR con la especie *Pteronymia agalla* (Ithomiinae), registrada únicamente en la vertiente del Pacífico y Meseta Central de Costa Rica (DeVries 1987). Dicha especie se caracteriza por ser nectarívora y dependiente de bosque (DeVries 1987).

Cuadro 6. Distribución por familias y subfamilias del número total de individuos y especies de mariposas diurnas encontradas en fragmentos de bosque (FR), café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL) y café-poró-musa (CPM) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007. (Los números entre paréntesis representan valores en porcentaje)

Familia	Subfamilia	FR		CP		CPL		CPM		TOTAL	
		No. de Ind.	No. de especies	No. de Ind.	No. de especies	No. de Ind.	No. de especies	No. de Ind.	No. de especies	No. de ind.	No. de especies
Papilionidae	Papilioninae	7 (2.2)	4 (6.2)	1 (0.4)	1(2.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (0.6)	1 (2.2)	10 (0.8)	5 (4.7)
Pieridae	Coliadinae	0 (0.0)	0 (0.0)	30 (10.7)	7 (20.0)	80 (26.4)	7 (18.4)	50 (14.3)	6 (13.3)	160 (12.7)	9 (8.5)
	Dismorphiinae	3 (0.9)	2 (3.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (0.2)	2 (1.9)
	Pierinae	1 (0.3)	1 (1.5)	9 (3.2)	2 (5.7)	38 (12.5)	2 (5.3)	4 (1.1)	2 (4.4)	52 (4.1)	2 (1.9)
Nymphalidae	Acraeinae	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (0.4)	1(2.9)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (0.9)	1 (2.2)	4 (0.3)	1 (0.9)
	Brassolinae	6 (1.8)	2 (3.1)	4 (1.4)	2 (5.7)	1 (0.3)	1 (2.6)	5 (1.4)	2 (4.4)	16 (1.3)	4 (3.8)
	Danainae	1 (0.3)	1 (1.5)	2 (0.7)	2 (5.7)	1 (0.3)	1 (2.6)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (0.3)	3 (2.8)
	Heliconiinae	51 (15.6)	10 (15.4)	15 (5.4)	6 (17.1)	22 (7.3)	4 (10.5)	22 (6.3)	6 (13.3)	110 (8.7)	14 (13.2)
	Ithomiinae	160 (49.1)	26 (40.0)	8 (2.9)	2 (5.7)	11 (3.6)	4 (10.5)	8 (2.3)	3 (6.7)	187 (14.9)	27 (25.5)
	Melitaeinae	3 (0.9)	3 (4.6)	4 (1.4)	1 (2.9)	5 (1.7)	2 (5.3)	8 (2.3)	3 (6.7)	20 (1.6)	5 (4.7)
	Morphinae	16 (4.9)	2 (3.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	16 (1.3)	2 (1.9)
	Nymphalinae	0 (0.0)	0 (0.0)	12 (4.3)	2 (5.7)	3 (1.0)	3 (7.9)	24 (6.9)	7 (15.6)	39 (3.1)	8 (7.5)
	Satyrinae	59 (18.1)	8 (12.3)	117 (41.8)	4 (11.4)	83 (27.4)	9 (23.7)	184 (52.6)	8 (17.8)	443 (35.2)	12 (11.3)
	Riodinidae	Riodininae	13 (4.0)	5 (7.7)	29 (10.4)	3 (8.6)	44 (14.5)	3 (7.9)	22 (6.3)	4 (8.9)	108 (8.6)
Lycaenidae	Lycaeninae	6 (1.8)	1 (1.5)	48 (17.1)	2 (5.7)	15 (5)	2 (5.3)	18 (5.1)	2 (4.4)	87 (6.9)	3 (2.8)
Total		326 (100)	65 (100)	280 (100)	35 (100)	303 (100)	38 (100)	350 (100)	45 (100)	1259 (100)	106 (100)

La curva de acumulación de especies de mariposas observadas fue mayor en los FR que en los SAF's con café. Pero entre los cafetales, hubo mayor acumulación de especies en el hábitat CPM que en CP y CPL. Además, en todos los hábitats muestreados no se alcanzó a estabilizar la curva de acumulación de especies, lo que significa que se pudo haber registrado mas especies al aumentar el esfuerzo de muestreo (Figura 7).

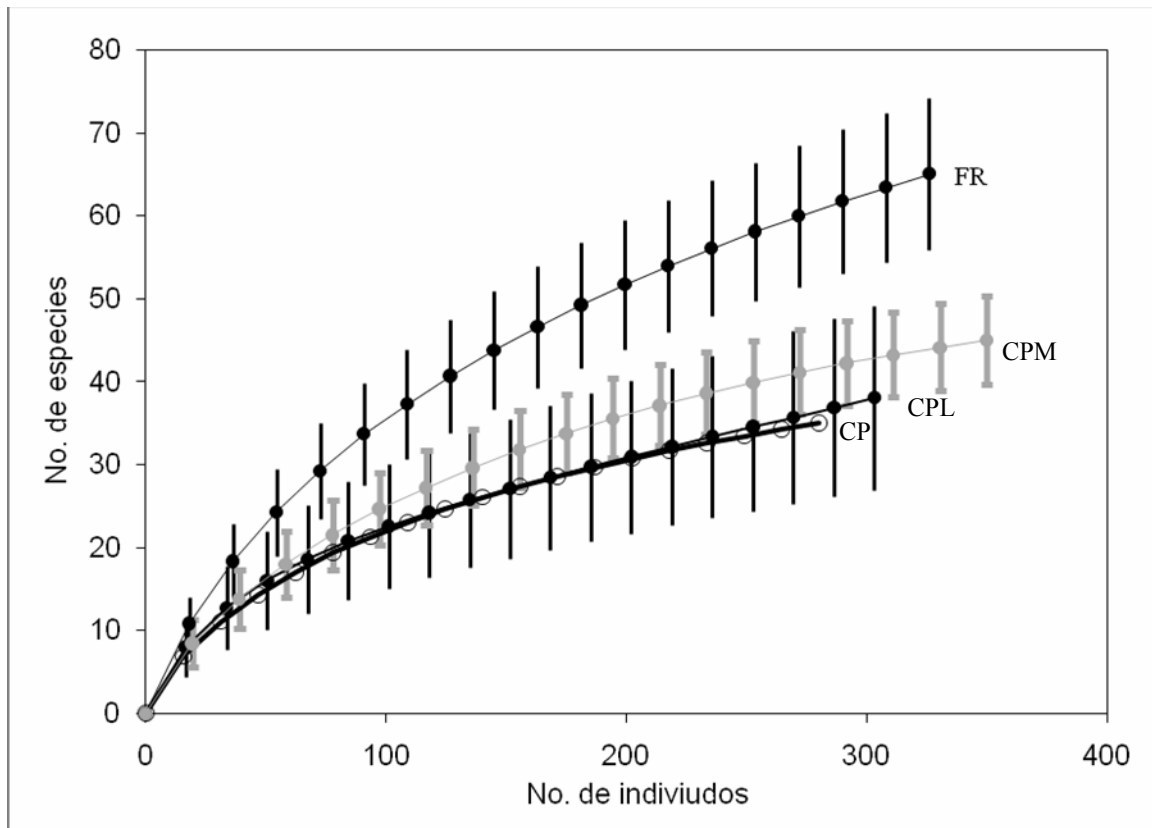


Figura. 7. Curva de acumulación de especies de mariposas diurnas en fragmentos de bosque (FR), SAF's con café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL) y café-poró-musa (CPM) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007.

A pesar de que no se alcanzó la asintota de las curvas de acumulación de especies de mariposas entre los hábitats evaluados, se observó la mayor parte de las especies esperadas en los SAF's con café y FR. De acuerdo con los estimadores de especies Chao-1 y Clench, en el hábitat CP se logró muestrear el 66% de las especies esperadas, 60% para CPL, 76% para CPM y 73% para FR. Los cuales nos indican que el muestreo fue representativo para cada uno de los hábitats evaluados (Cuadro 7).

Cuadro 7. Estimación de la riqueza de especies de mariposas diurnas en fragmentos de bosque (FR), café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL) y café-poró-musa (CPM) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007

Hábitat	Especies observadas	Especies esperadas		Promedio de especies esperadas	% de especies muestreadas
		Chao1	Clench		
Café-Poró	35	58	49	53	66
Café-Poró-Laurel	38	76	51	64	60
Café-Poró-Musa	45	54	65	60	76
Fragmentos de bosque	65	80	99	89	73

Para las curvas de distribución de abundancia en cada hábitat (CP, CPL, CPM y FR), las especies no presentan una equidad en la distribución de sus abundancias, siendo pocas especies con el mayor número de individuos, una mayor parte de las especies presenta una abundancia intermedia y la gran mayoría fue representada con pocos individuos (Figura 8). Esta es una distribución típica en las comunidades de insectos (Magurran 2004). Las pendientes de las gráficas de los hábitats CP y CPM fueron similares, caracterizándose por una abundancia desproporcionada de una especie (*Hermeuptychia hermes*). En cambio las pendientes de los hábitats CPL y FR fueron similares debido a que hubo una distribución más equitativa de las abundancias. En los tres SAF's con café la especie *Hermeuptychia hermes* fue la más abundante, manteniendo siempre la más alta posición jerárquica en abundancia. Otras especies dominantes en los cafetales por su número de individuos en los tres SAF's con café fueron *Cissia usitata*, *Calephelis* spp., *Calycopis isobea*, *Eurema albula*, y *Eurema nise*. Por otra parte, los FR presentaron una distribución más equitativa de los individuos entre las especies, con especies diferentes a la de los cafetales, siendo las más dominantes en orden decreciente las siguientes: *Heliconius cydno*, *Pierella helvina*, *Mechanitis polymnia* y *Cithaerias menander*.

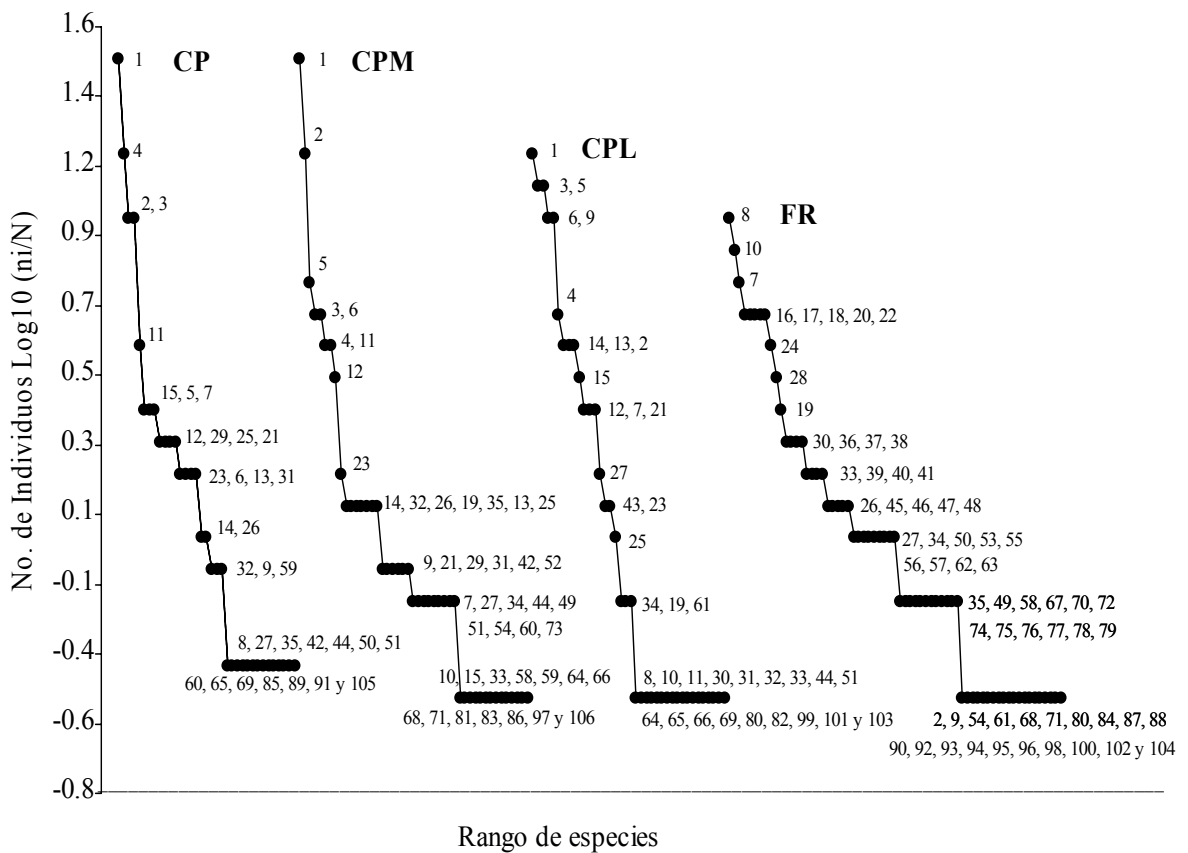


Figura 8. Curvas de distribución de abundancia de las especies de mariposas observadas en los hábitats café-poró (CP), café-poró-musa (CPM), café-poró-laurel (CPL) y fragmentos de bosque (FR), en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007. Los números identifican a las especies de mariposas definidas en el Anexo 3, (ni) es la abundancia relativa de las especies y (N) el número total de los individuos de todas las especies.

4.2 Comparación de la biodiversidad de mariposas diurnas entre los hábitats evaluados

El número de especies de mariposas diurnas fue mayor en los FR que en CP y CPL ($p = 0.0051$). En cuanto al número de individuos, no se encontraron diferencias entre los hábitats evaluados (Cuadro 8). Respecto a los índices de diversidad ecológica, los FR tuvieron mayor diversidad de especies (Shannon y Simpson) seguidos consecutivamente de CPL y CP ($p = 0.0001$, en ambos casos). Mientras que la equidad fue similar entre los FR y CPL, y éstos a su vez mayores que CP y CPM ($p = 0.0089$).

Cuadro 8. Comparación de medias de la riqueza, abundancia, diversidad y equidad de mariposas diurnas presentes en fragmentos de bosque (FR), café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL) y café-poró-musa (CPM) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007

Variable	FR	CPL	CPM	CP	Valor p
No. de especies promedio	21.33 ± 1.56 a	15.33 ± 1.38 b	17.33 ± 1.43 ab	13.5 ± 1.18 b	0.0051
No. de individuos promedio	54.33 ± 6.5 a	50.5 ± 10.02 a	58.33 ± 8.62 a	46.67 ± 5.63 a	0.7513
Diversidad Shannon promedio	2.77 ± 0.08 a	2.36 ± 0.05 b	2.27 ± 0.07 bc	2.08 ± 0.09 c	0.0001
Diversidad Simpson promedio	0.92 ± 0.01 a	0.87 ± 0.01 b	0.84 ± 0.01 bc	0.82 ± 0.02 c	0.0001
Índice de Equidad promedio	0.91 ± 0.01 a	0.88 ± 0.03 a	0.80 ± 0.02 b	0.81 ± 0.03 b	0.0089

Letras distintas entre filas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

4.2.1 Análisis de la abundancia, riqueza y diversidad de especies de mariposas entre gremios alimenticios

En el análisis por gremios alimenticios, CPM presentó una mayor abundancia de acimófagas que los hábitats de CP, CPL y FR ($p = 0.0060$) (Cuadro 9). No hubo diferencias estadísticas en la riqueza de especies acimófagas entre los hábitats. En cambio, la diversidad (Shannon y Simpson) de acimófagas fue significativamente mayor en los FR que en CP ($p = 0.005$ y $p = 0.0045$), resultando con valores intermedios no significativos el hábitat CPL entre los FR y CPM. La equidad de acimófagas fue similar entre FR y CPL, éstos a su vez mayores que CPM ($p = 0.0376$).

En el gremio de las nectarívoras, no se hallaron diferencias estadísticas en el número de individuos entre los hábitats (FR, CP, CPL y CPM). El número de especies nectarívoras fue mayor en FR que en CP y CPL ($p = 0.0206$), siendo similares éstos dos últimos hábitats. Respecto a la diversidad (Shannon y Simpson) de especies nectarívoras, el hábitat de FR tuvo mayor diversidad que CP. Pero considerando solo los SAF's con café, hubo una mayor diversidad (Shannon y Simpson) de nectarívoras en CPM que en CP ($p = 0.0019$ y $p = 0.0157$ en ambos casos). En ninguno de los hábitats hubo diferencias en equidad (Pielou) de especies nectarívoras.

Cuadro 9. Comparación de medias de la riqueza, abundancia, diversidad y equidad de mariposas diurnas por gremios alimenticios presentes en fragmentos de bosque (FR), café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL) y café-poró-musa (CPM) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007

Variable	FR	CPL	CPM	CP	Valor p
Gremios Alimenticios					
<i>Acimófagas</i>					
Total de individuos	81 (24.8%)	86 (28.4%)	195 (55.7%)	122 (43.6%)	
Total de especies	12 (18.5%)	12 (31.6%)	14 (31.1%)	7 (20%)	
No. de individuos promedio	13.5 ± 1.95 b	14.33 ± 3.04 b	32.5 ± 5.56 a	20.33 ± 3.33 b	0.0060
No. de especies promedio	5.17 ± 0.48 a	4.33 ± 0.67 a	4.83 ± 0.7 a	3.33 ± 0.33 a	0.1464
Índice Shannon promedio	1.36 ± 0.05 a	1.15 ± 0.11 ab	1.02 ± 0.13 bc	0.82 ± 0.06 c	0.0050
Índice Simpson promedio	0.69 ± 0.02 a	0.61 ± 0.04 ab	0.54 ± 0.05 bc	0.47 ± 0.03 c	0.0045
Equidad de Pielou promedio	0.85 ± 0.03 a	0.84 ± 0.04 a	0.68 ± 0.04 b	0.72 ± 0.06 ab	0.0376
<i>Nectarívoros</i>					
Total de individuos	245 (75.2%)	217 (71.6%)	155 (44.3%)	158 (56.4%)	
Total de especies	53 (81.5%)	26 (68.4%)	31 (68.9%)	28 (80%)	
No. de individuos promedio	40.83 ± 6.17 a	36.17 ± 8.36 a	25.83 ± 3.76 a	26.33 ± 5.37 a	0.2550
No. de especies promedio	16.17 ± 1.78 a	11 ± 1.29 b	12.5 ± 0.96 ab	10.17 ± 1.08 b	0.0206
Índice Shannon promedio	2.5 ± 0.11 a	2 ± 0.09 bc	2.28 ± 0.06 ab	1.94 ± 0.11 c	0.0019
Índice Simpson promedio	0.89 ± 0.01 a	0.82 ± 0.03 bc	0.88 ± 0.01 ab	0.8 ± 0.03 c	0.0157
Equidad de Pielou promedio	0.91 ± 0.01 a	0.86 ± 0.04 a	0.91 ± 0.02 a	0.85 ± 0.05 a	0.3927

Letras distintas entre filas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

4.2.2 Análisis de la abundancia, riqueza y diversidad de especies de mariposas por preferencias de hábitat

En cuanto a preferencias de hábitat de las mariposas, los sistemas CP, CPL y CPM mostraron mayor abundancia, riqueza y diversidad (Shannon y Simpson) de especies de áreas abiertas que los FR ($p = 0.0001$) (Cuadro 10). Por el contrario, los FR resultaron con los valores mas altos en abundancia y riqueza de especies de áreas cerradas que los tres SAF's con café (CP, CPL y CPM) ($p = 0.0001$). Los índices de diversidad ecológica de Shannon y Simpson fueron mayores en FR seguidos, en orden descendente, de CPL, CPM y CP ($p = 0.0001$). Respecto al número de individuos de especies generalistas, CP y CPM resultaron con la mayor abundancia que FR ($p = 0.0122$), pero no hubo diferencias significativas en riqueza, diversidad (Shannon y Simpson) y equidad de especies generalistas entre los hábitats.

Cuadro 10. Comparación de medias de la riqueza, abundancia, diversidad y equidad de mariposas diurnas por preferencias de hábitat presentes en fragmentos de bosque (FR), café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL) y café-poró-musa (CPM) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007

Variable	CP	CPL	CPM	FR	Valor p
Preferencias de hábitat					
<i>Especies de áreas abiertas</i>					
Total de individuos	90 (32.1%)	144 (47.5%)	108 (30.9%)	5 (1.5%)	
Total de especies	17 (48.6%)	13 (34.2%)	15 (33.3%)	2 (3.1%)	
No. de individuos promedio	6.67 ± 0.42 a	6.67 ± 0.76 a	7.5 ± 0.76 a	0.67 ± 0.21 b	0.0001
No. de especies promedio	15 ± 1.24 a	24 ± 5.73 a	18 ± 3.78 a	0.83 ± 0.31 b	0.0011
Índice Shannon promedio	1.6 ± 0.08 a	1.55 ± 0.12 a	1.77 ± 0.09 a	0 ± 0 b	0.0001
Índice Simpson promedio	0.73 ± 0.03 a	0.73 ± 0.05 a	0.8 ± 0.02 a	0 ± 0 b	0.0001
Equidad de Pielou promedio	0.85 ± 0.03 a	0.84 ± 0.06 a	0.9 ± 0.02 a	0.67 ± 0.21 a	0.5021
<i>Especies de áreas cerradas</i>					
Total de individuos	95 (33.9%)	75 (24.8%)	111 (31.7%)	294 (90.2%)	
Total de especies	12 (34.3%)	21 (55.3%)	22 (48.9%)	58 (89.2%)	
No. de individuos promedio	15.83 ± 4.32 b	12.5 ± 1.52 b	18.5 ± 3.13 b	49 ± 5.43 a	0.0001
No. de especies promedio	4.33 ± 0.76 b	6.5 ± 0.76 b	7 ± 0.73 b	19.33 ± 1.36 a	0.0001
Índice Shannon promedio	1.05 ± 0.02 d	1.72 ± 0.1 b	1.48 ± 0.09 c	2.69 ± 0.08 a	0.0001
Índice Simpson promedio	0.57 ± 0.04 d	0.79 ± 0.02 b	0.68 ± 0.04 c	0.92 ± 0.01 a	0.0001
Equidad de Pielou promedio	0.79 ± 0.08 a	0.94 ± 0.02 a	0.78 ± 0.05 a	0.91 ± 0.01 a	0.0569
<i>Generalistas</i>					
Total de individuos	95 (33.9%)	84 (27.7%)	131 (37.4%)	27 (8.3%)	
Total de especies	6 (17.1%)	4 (10.5%)	8 (17.8%)	5 (7.7%)	
No. de individuos promedio	15.83 ± 2.21 a	14 ± 4.18 ab	21.83 ± 4.13 a	4.5 ± 2.14 b	0.0122
No. de especies promedio	2.5 ± 0.56 a	2.17 ± 0.48 a	2.83 ± 0.48 a	1.33 ± 0.49 a	0.2140
Índice Shannon promedio	0.47 ± 0.18 a	0.46 ± 0.18 a	0.45 ± 0.12 a	0.31 ± 0.17 a	0.8854
Índice Simpson promedio	0.24 ± 0.09 a	0.27 ± 0.1 a	0.22 ± 0.06 a	0.19 ± 0.1 a	0.9236
Equidad de Pielou promedio	0.62 ± 0.1 a	0.8 ± 0.07 a	0.56 ± 0.1 a	0.52 ± 0.18 a	0.3743

Letras distintas entre filas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

4.3 Composición de las especies de mariposas diurnas entre los SAF's con café y fragmentos de bosque

La totalidad de las mariposas registradas en las parcelas de FR estuvieron asociadas al grupo 1 (G1). Las especies de mariposas registradas en todas las parcelas de CPM y en la mayoría de las parcelas CP estuvieron asociadas al grupo 2 (G2 = seis parcelas de CPM, cuatro de CP y una de CPL) (Figura 9). Las especies registradas en la gran mayoría de las parcelas de CPL estuvieron agrupadas en el grupo 3 (G3 = cinco parcelas de CPL y dos de CP). Por lo tanto,

solo existe una clara diferencia en composición de especies de mariposas diurnas entre FR, CPL y CPM-CP.

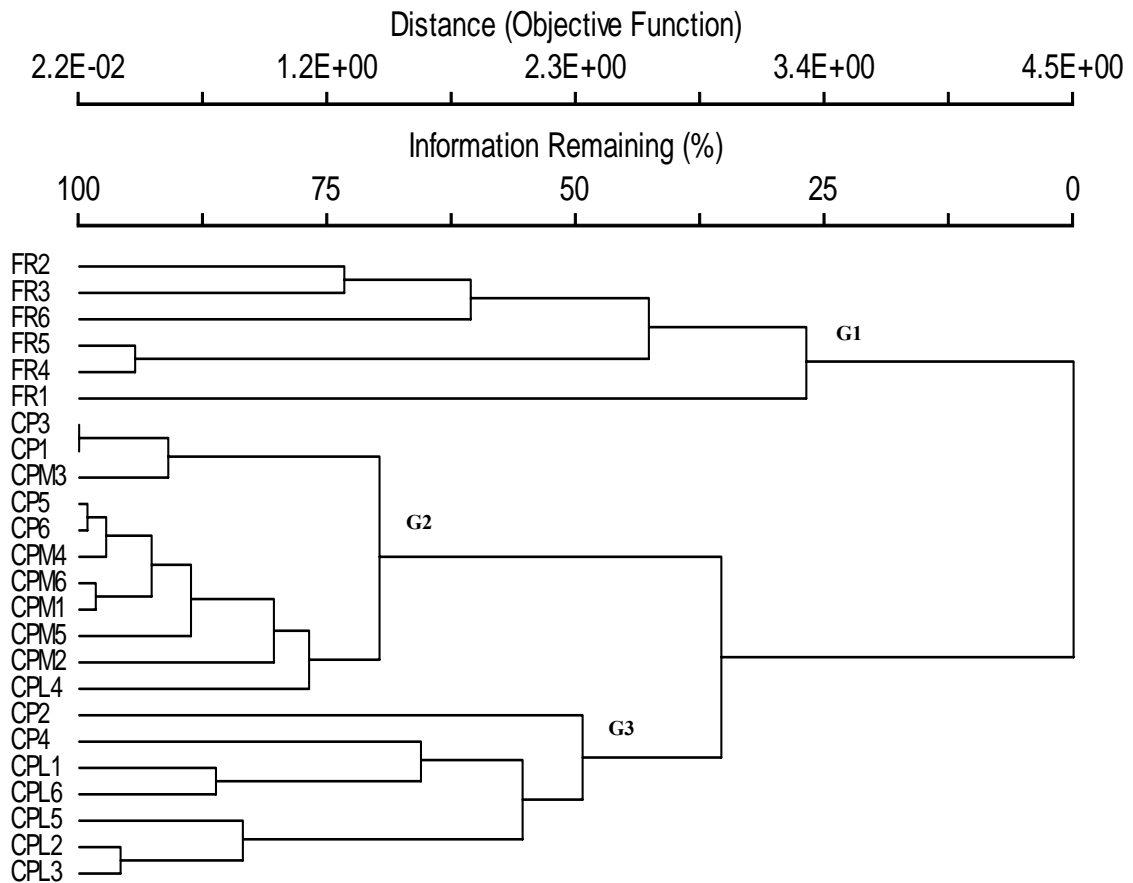


Figura 9. Agrupación de parcelas de cafetales (CP, CPL y CPM) y fragmentos de bosque basados en el número de especies e individuos de mariposas diurnas, por medio del análisis de conglomerado con índices de similitud de Sorensen y método de agrupación Beta Flexible.

Mediante el análisis de especies indicadoras de Dufrene y Legendre (McCune y Mefford 1999), se determinó que el grupo G1 (Fragmentos de bosque) estuvieron representados por las especies: *Pseudoscada timna*, *Pierella helvina*, *Heliconius cydno*, *Hypoleria lavinia*, *Caligo eurilochus*, *Morpho peleides*, *Napeogenes tolosa*, *Oleria paula* y *Cithaerias menander*. Este grupo en particular estuvo representado por especies típicas de bosques, en donde la mayoría de las especies indicadoras fueron del gremio de las nectarívoras pertenecientes a las subfamilias Ithomiinae y Heliconiinae. El gremio de las acimófagas estuvo presente en este grupo representado por las subfamilias Morphinae y Satyrinae. El grupo G2 está caracterizado

por las especies *Cissia usitata* y *Hermeuptychia hermes*, ambas pertenecientes a la subfamilia Satyrinae, del gremio alimenticio de las acimófagas y típicas de áreas perturbadas (DeVries 1987). Por otra parte, el grupo G3 estuvo representado por las especies *Ascia monuste* (Pierinae), *Leptophobia aripa* (Pierinae), *Heliconius erato* (Heliconiinae) y *Calycopis isobeon* (Lycaeninae) pertenecientes al gremio de los nectarívoros y asociadas bosques perturbados y charrales, con excepción de *Ascia monuste* que se asocia a áreas abiertas (DeVries 1987) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Análisis de especies indicadoras de mariposas diurnas asociadas a grupos determinados en el análisis de conglomerados de fragmentos de bosque y cafetales muestreados ($p < 0.05$) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007

Grupo	Especie	Subfamilia	Valor Indicador (VI)	Valor p
1	<i>Heliconius cydno</i>	Heliconiinae	95.9	0.001
	<i>Hypoleria lavinia</i>	Ithomiinae	83.3	0.001
	<i>Napeogenes tolosa</i>	Ithomiinae	66.7	0.002
	<i>Oleria paula</i>	Ithomiinae	66.7	0.001
	<i>Pseudoscada timna</i>	Ithomiinae	100.0	0.001
	<i>Caligo eurilochus</i>	Morphinae	83.3	0.001
	<i>Morpho peleides</i>	Morphinae	83.3	0.001
	<i>Cithaeris menander</i>	Satyrinae	66.7	0.001
	<i>Pierella helvina</i>	Satyirinae	96.1	0.001
2	<i>Cissia usitata</i>	Satyrinae	85.9	0.001
	<i>Hermeuptychia hermes</i>	Satyrinae	70.7	0.001
3	<i>Ascia monuste</i>	Pierinae	96.2	0.001
	<i>Leptophobia aripa</i>	Pierinae	65.0	0.012
	<i>Heliconius erato</i>	Heliconiinae	67.3	0.006
	<i>Calycopis isobeon</i>	Lycaeninae	64.3	0.032

Mediante el índice de complementariedad, la composición de mariposas diurnas entre los SAF's con café y los FR fue totalmente distinta, ya que los índices de complementariedad fueron cercanos al 100%, es decir, la composición de especies entre los cafetales y los bosques es diferente (Cuadro 12). Entre los SAF's con café (CP, CPL y CPM) el índice de complementariedad fue similar (entre 66 y 68%), lo que significa que la composición de especies entre los cafetales se comparten muchas especies de mariposas.

Cuadro 12. Índices de complementariedad para la composición de especies de mariposas diurnas entre los hábitats café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL), café-poró-musa (CPM) y fragmentos de bosque (FR) del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007. Valores cercanos al 100% significan que la composición de especies es totalmente diferente entre los hábitats comparados

	CP	CPL	CPM	FR
CP	0			
CPL	66.43	0		
CPM	66.44	67.66	0	
FR	97.43	96.75	96.82	0

4.4 Efecto de fragmentos de bosque sobre la biodiversidad de mariposas diurnas presentes en SAF's con café

Con el análisis espacial de la influencia del porcentaje de bosques en la riqueza y abundancia de mariposas presentes en las parcelas con café, se encontró una correlación de Pearson (r) significativa entre la riqueza de mariposas acimófagas y el porcentaje de bosques circundantes en los cafetales muestreados ($n = 18$). Las distancias con correlaciones significativas fueron de 25 m ($r = 0.43$, $p = 0.08$), 50 m ($r = 0.43$, $p = 0.08$), 100 m ($r = 0.43$, $p = 0.08$) y 150 m ($r = 0.43$, $p = 0.08$) (Cuadro 13). Después de los 150 m de radio, la correlación disminuye y presenta un valor casi constante hasta el radio máximo considerado de 600 m. Por otra parte, la abundancia de acimófagas y nectarívoras, la riqueza de nectarívoros, las especies de áreas cerradas, las especies de áreas abiertas y las generalistas no correlacionaron significativamente con el porcentaje de bosque circundante a los cafetales en ninguno de las distancias en radios considerados.

Cuadro 13. Correlación de Pearson entre el porcentaje de bosque circundante a diferentes radios y la riqueza y abundancia de mariposas diurnas (general, por gremios alimenticios y por preferencias de hábitat) presentes en cafetales (n=18) en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007.

Variables	Radio de círculos concéntricos (m)													
	10	25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
Análisis general														
Riqueza general	0	-0.03	-0.03	-0.03	-0.08	-0.08	-0.09	-0.12	-0.14	-0.09	-0.2	-0.24	-0.26	-0.27
Abundancia general	0	-0.12	-0.12	-0.12	-0.07	-0.02	0.01	0.02	0.02	0.09	-0.01	-0.05	-0.08	-0.1
Análisis por gremios alimenticios														
Riqueza nectarívoras	0	0.19	0.19	0.19	0.14	0.07	0.00	-0.05	-0.08	-0.04	-0.15	-0.2	-0.23	-0.25
Abundancia nectarívoras	0	-0.02	-0.02	-0.02	0.01	0.04	0.04	0.04	0.05	0.09	0.01	-0.02	-0.05	-0.05
Riqueza acimófagas	0	-0.43*	-0.43*	-0.43*	-0.43*	-0.31	-0.2	-0.17	-0.16	-0.13	-0.16	-0.16	-0.14	-0.14
Abundancia acimófagas	0	-0.22	-0.22	-0.22	-0.17	-0.09	-0.05	-0.03	-0.02	0.05	-0.04	-0.07	-0.1	-0.13
Análisis por preferencias de hábitat														
Riqueza especies de áreas abiertas	0	0.22	0.22	0.22	0.22	0.19	0.13	0.09	0.06	0.14	0.01	-0.04	-0.09	-0.13
Abundancia especies de áreas abiertas	0	-0.05	-0.05	-0.05	-0.02	0.02	0.03	0.04	0.05	0.1	0.02	-0.02	-0.05	-0.08
Riqueza especies de áreas cerradas	0	-0.22	-0.22	-0.22	-0.22	-0.16	-0.1	-0.09	-0.1	-0.09	-0.14	-0.14	-0.14	-0.12
Abundancia especies de áreas cerradas	0	0.05	0.05	0.05	0.12	0.2	0.22	0.21	0.19	0.22	0.15	0.13	0.11	0.11
Riqueza especies generalistas	0	-0.04	-0.04	-0.04	-0.16	-0.22	-0.25	-0.28	-0.3	-0.28	-0.33	-0.35	-0.36	-0.37
Abundancia especies generalistas	0	-0.27	-0.27	-0.27	-0.25	-0.23	-0.22	-0.18	-0.16	-0.1	-0.18	-0.21	-0.23	-0.25

Nota: Los números representan los coeficientes de correlación de Pearson y los asteriscos representan correlaciones significativas ($p < 0.1$)

5. DISCUSION

5.1 Descripción de la composición general de mariposas diurnas

La subfamilia Satyrinae fue la más dominante en número de individuos de mariposas diurnas en la zona de estudio, esto fue debido a que las especies *Hermeuptychia hermes* y *Cissia usitata*, pertenecientes a dicha subfamilia, tuvieron la mayor abundancia (27% del total de individuos, Anexo 3) registrados solo en cafetales (CP, CPL y CPM). Esto asociado a la presencia de sus plantas hospederas que son los pastos o zacates (Poaceae), que crecen comúnmente en los cafetales muestreados (observación personal) y considerados como una herbácea común en cafetales (Nilsson Laurito et ál. 2005). La ausencia de *H. hermes* en los FR, nos indica que estos bosques se encuentran en buen estado de conservación, ya que su presencia en dicho hábitat es indicadora de perturbación. Por otra parte, la dominancia en riqueza de especies (27 especies, 26% del total de las especies) de la subfamilia Ithomiinae obedece principalmente a la contribución de los FR, ya que en este hábitat se registró la mayor riqueza de especies (26 especies) de esta subfamilia, pertenecientes a las siguientes géneros: *Callithomia*, *Ceratinia*, *Dircenna*, *Episcada*, *Godyris*, *Greta*, *Heterosais*, *Hyaliris*, *Hypoleria*, *Hyposcada*, *Hypothyris*, *Ithomia*, *Mechanitis*, *Melinaea*, *Napeogenes*, *Oleria*, *Olyras*, *Pseudoscada*, *Pteronymia*, *Tithorea*, que son típicas de bosques neotropicales, alcanzando su máxima diversidad entre los 600 y 1500 msnm en Costa Rica (DeVries 1987), coincidente con la franja altitudinal estudiada y los resultados obtenidos. La baja representación en riqueza y abundancia de las subfamilias Danainae (*Danaus eresimus*, *Danaus gilippus* y *Lycorea cleobaea*), Dismorphiinae (*Dismorphia amphione* y *Dismorphia teucharila*) y Acraeinae (*Actinote anteus*) en la zona de estudio, es debido a que estas subfamilias presentaron especies que son más comunes en la vertiente del pacífico de Costa Rica, como *Danaus eresimus* (Danainae) y *Actinote anteus* (Acraeinae) (DeVries 1987). Además, las dos únicas especies registradas de la subfamilia Dismorphiinae son poco comunes y presentan individuos solitarios en hábitats boscosos. Así mismo, las especies *Danaus gilippus* y *Lycorea cleobaea* se caracterizan por tener bajos registros en abundancia como se han apreciado en estudios similares realizados en Costa Rica (Tobar 2004) y Nicaragua (Hernández et ál. 2003).

Por otra parte, las subfamilias Coliadinae y Nymphalinae fueron exclusivas de cafetales, esto debido a que los géneros encontrados en la zona de estudio, tales como *Phoebis*, *Eurema*, *Aphrissa* y *Anteos* de la subfamilia Coliadinae, prefieren hábitats abiertos y pueden volar directamente bajo la luz solar, al igual que sus plantas hospederas como *Cassia* spp. y *Mimosa* spp. que son comunes en áreas perturbadas (DeVries 1987). De igual manera, los géneros registrados en cafetales como *Adelpha*, *Anartia*, *Historis*, *Siproeta* y *Tigridia* de la subfamilia Nymphalinae, son de amplia distribución geográfica y pueden encontrarse en cualquier hábitat y microhábitat en la región, sobre todo en áreas abiertas y bosques perturbados (DeVries 1987). Así mismo, las subfamilias Dismorphiinae y Morphinae fueron exclusivas del hábitat FR, ya que las larvas de las especies registradas en este hábitat como *Antirrhea pterocopa* y *Morpho peleides* (Morphinae) necesitan de plantas hospederas que solo se encuentran en los bosques como *Calypterogyne* spp. (Arecaceae), *Pterocarpus officinale* (Leguminosae), *Macharium seemani* (Leguminosae) y *Mucuna* spp (Leguminosae) (DeVries 1987, Chacón y Montero 2007). Al igual que las larvas de las especies observadas como *Dismorphia amphione* y *Dismorphia theucharila* (Dismorphiinae) que requieren de plantas hospederas específicas como las leguminosas del género *Inga* spp. Por lo tanto, podemos decir que los cafetales (CP, CPL y CPM) estuvieron bien representados por especies típicas de áreas abiertas y bosques perturbados, y el hábitat FR por especies dependientes de bosques.

5.2 Abundancia, riqueza y diversidad de mariposas diurnas entre hábitats

En general, el hábitat FR resultó el de mayor importancia en la conservación de la riqueza y diversidad media de especies de mariposas diurnas entre los hábitats evaluados. Esta importancia de FR en la conservación de la biodiversidad de mariposas en general, probablemente se debe a que representa el hábitat original de la zona, que mantiene una alta riqueza, diversidad y estructura florística que los cafetales (Murrieta 2006), que crean condiciones microclimáticas ideales para especies adultas de mariposas de áreas cerradas que no toleran la luz solar de manera directa (DeVries 1987). Además, presentan especies florísticas arbóreas, arbustivas y palmas, que son fuentes hospederas y alimenticias de larvas y adultos de mariposas dependientes de bosques (DeVries 1987), pertenecientes a las familias Moraceae, Lauraceae, Arecaceae, Annonaceae, Leguminosae y Melastomataceae, registradas

en la zona de estudio por Murrieta (2006). Esto confirma la importancia de los hábitats boscosos para la conservación de mariposas diurnas en paisajes agrícolas, como han demostrado diversos estudios (Ricketts et ál. 2003, Horner-Devine et ál. 2003, Harvey et ál. 2006, Tobar et ál. 2007).

Aunque no hubo diferencias significativas en la riqueza de especies entre los cafetales, el hábitat CPL evidenció un valor intermedio en la diversidad media de especies (Shannon y Simpson), con menor diversidad que FR pero mayor que CP. De igual manera, este mismo SAF tuvo un valor de Equidad media de especies similar a FR, pero significativamente mayor que CP y CPM. Consecuentemente, CP y CPM representaron los hábitats de menor valor en la conservación de la diversidad y Equidad media de especies de mariposas diurnas en general. La importancia del CPL puede deberse a que presenta una mayor complejidad estructural que los sistemas CPM y CP (Florian 2005, Porras 2006), ya que CPL se compone de dos estratos de sombra, integrado por el poró (*Erythrina poeppigiana*) en el estrato bajo con una altura media de 5.17 m y el laurel (*Cordia alliodora*) en el estrato alto con alturas mayores a 15 m (altura media de 10.6 m). A comparación de los hábitats con café CPM y CP que solo forman un estrato bajo de sombra con una altura media de 5 m, siendo el mas simple el sistema CP con una especie de sombra, esto de acuerdo a lo reportado por Florian (2005) en un estudio realizado en cafetales de la misma zona de estudio. Además, en el sistema CPL, la sombra de laurel es de regeneración natural semeándose a la sucesión natural de los bosques de la zona de estudio.

5.2.1 Abundancia, riqueza y diversidad de especies de mariposas entre gremios alimenticios

En el gremio de las acimófagas, el hábitat CPM resultó con la mayor abundancia media de este gremio en particular que en los demás hábitats (FR, CP y CPL). Así mismo, los hábitats evaluados (CP, CPL, CPM y FR) resultaron con una similar riqueza de especies acimófagas. Pero la diversidad ecológica (Shannon y Simpson) y Equidad de especies acimófagas fue mayor en FR, resultando el hábitat CPL con valor intermedio de diversidad ecológica (menor que FR y mayor que CPM) y de similar valor en Equidad con FR. Debido a lo anterior, el incremento significativo de la abundancia de especies acimófagas en el sistema CPM se puede

atribuir a la presencia de musáceas, que es una fuente alimenticia importante para este gremio en particular, además de ser una planta hospedera de ciertos géneros de mariposas acimófagas (mayoría frugívoras) de las subfamilias Brassolinae y Morphinae principalmente (DeVries 1987). Por lo que podemos deducir, que el aumento en la abundancia de acimófagas en CPM estuvo en función del incremento de la disponibilidad de musáceas como fuente alimenticia de este gremio de mariposas en particular. Además de esto, el sistema CPM puede ofrecer o atraer especies acimófagas (principalmente frugívoras) dependientes de bosques perturbados, ya que se encontraron especies únicamente en este hábitat, que podrían considerarse “raras” tales como *Tigridia acesta* e *Historis odius* (DeVries 1987). Evidenciando que CPM puede ayudar a la conservación de las mariposas acimófagas (principalmente frugívoras) en el área de estudio. Además, es probable que se encuentre un mayor número de especies de acimófagas en los FR y el sistema CPM, si se complementa el muestreo con trampas y si se aumenta el esfuerzo de muestreo, esto debido a que el método de trampeo aumenta la eficiencia de captura de mariposas acimófagas, y un mayor esfuerzo de muestreo permite una mayor representatividad de la distribución temporal de las especies de mariposas, como quedó demostrado en un estudio similar realizado en Chiapas, México (Mas y Dietsch 2003). En donde se estimó encontrar una mayor riqueza de acimófagas en hábitats de bosque y cafetales rústicos, asociado a una mayor presencia de especies nativas de sombra, mayor complejidad estructural y porcentaje de sombra que en cafetales de mayor intensividad de manejo. De igual manera que en el análisis general, los hábitats FR y CPL representaron una mayor diversidad ecológica y equidad de especies acimófagas que CP y CPM. Estos resultados obedecen principalmente a que las acimófagas presentaron una distribución más equitativa de los individuos entre las especies en FR y CPL.

En el gremio de las nectarívoras, aunque la abundancia fue similar en los hábitats evaluados (FR, CP, CPL, CPM), el hábitat FR resultó con el mayor valor para la conservación de la riqueza y diversidad (Shannon y Simpson) media de especies nectarívoras, pero CPM evidenció valores de riqueza y diversidad intermedios, sin diferencias significativas entre FR y los cafetales CP y CPL. Esto significa que, a pesar de la similaridad de la abundancia de nectarívoras en todos los hábitats evaluados, los individuos de este gremio cuantificados en cada uno de las SAF's con café (CP, CPL y CPM) pertenecen a un número significativamente menor de especies (28 en CP, 26 en CPL y 31 en CPM), a diferencia de FR en donde los

individuos registrados corresponden a un mayor número de especies nectarívoras (53 especies). Esta diferencia en riqueza y diversidad de nectarívoras, demuestra una mayor disponibilidad de plantas alimenticias (néctar de diversas flores) en los FR pertenecientes a los géneros *Hamelia*, *Cephaelis*, *Lantana*, *Psiguria*, *Cissus*, *Gurania*, *Inga* y *Psychotria* (DeVries 1987). En el caso de los SAF's con café (CP, CPL y CPM), la baja riqueza y diversidad de especies registrada, puede estar relacionado directamente con la eliminación frecuente del estrato herbáceo con herbicidas como parte del manejo agronómico de los cafetales de la zona de estudio (Porrás 2006), ya que es una parte fundamental para la alimentación y fuente hospedera de nectarívoras en hábitats agrícolas (Ouin et ál. 2004). Aunque CPM denotó un valor intermedio de riqueza y diversidad de nectarívoras, esto probablemente sea un efecto de la presencia de musáceas en la sombra de cafetales, principalmente por la floración de *Musa* spp. y no tanto por los frutos como sucede en el caso de las frugívoras.

5.2.2 Abundancia, riqueza y diversidad de especies de mariposas por preferencias de hábitat

En el análisis por preferencias de hábitat, destaca el hábitat FR en la conservación de una mayor abundancia y riqueza de especies de áreas cerradas que los cafetales (CP, CPM y CPL), aunque destaca la importancia del hábitat CPL, porque presentó valores intermedios en diversidad de especies de áreas cerradas (Shannon y Simpson), significativamente menores que FR pero mayores que CPM, resultando el hábitat CP con la diversidad ecológica más baja. Por el contrario, los cafetales (CP, CPL y CPM) se caracterizaron por tener una mayor riqueza, abundancia y diversidad de especies de áreas abiertas que FR. Respecto a las especies generalistas en preferencias de hábitat, CP y CPM se caracterizaron por tener un mayor número de individuos que FR, aunque la riqueza, diversidad y equidad fue similar en todos los hábitats evaluados.

Estas preferencias opuestas de las especies adultas de áreas abiertas y cerradas, están relacionados directamente con los requerimientos microambientales (Estrada et ál. 1997, Hammer et ál. 1997) y nutricionales (Hernández et ál. 2003), ya que las especies de áreas cerradas pueden encontrar una barrera en hábitats abiertos debido a una mayor temperatura por la alta radiación solar (Daily y Ehrlich 1996), y a la carencia de sus fuentes alimenticias y

plantas hospederas. Particularmente, los cafetales de la zona se caracterizan por tener una baja diversidad de especies de sombra (poró, musa y laurel) y de poca importancia como hospederas para mariposas de áreas cerradas. Por el contrario, las especies de áreas abiertas encuentran una barrera en FR debido al cambio de condiciones microclimáticas, ya que estas especies prefieren volar directamente bajo la luz solar, en áreas abiertas y en el estrato superior de bosques (DeVries 1987). Así mismo, es posible que los tres SAF's con café presenten condiciones microambientales similares y no representan cambios significativos o contrastantes para la riqueza y abundancia para las especies de áreas abiertas y cerradas. Pero la presencia de especies de áreas cerradas nos indica que los cafetales pueden sostener especies que son típicas de ambientes boscosos, pero se desconocen los requerimientos microclimáticos y el grado de dependencia de bosques que son críticos para éstas especies (Perfecto et ál. 2003). El valor intermedio de la diversidad (Shannon y Simpson) de especies de áreas cerradas en el hábitat CPL puede obedecer a que este sistema presenta dos estratos de sombra (alto y bajo) que los demás SAF's con café (CP y CPL) que solo presentan un estrato bajo de sombra (Florian 2005, Porras 2006). Estas características de sombra en el hábitat CPL puede crear condiciones microclimáticas más favorables para la diversidad de especies de áreas cerradas, ya que este hábitat en particular presenta una sombra mas estable durante el año a comparación de los sistemas CP y CPM en donde el componente principal de la sombra, que es el poró (*Erithtryna poeppigiana*), recibe podas totales cuando menos dos veces al año (Porras 2006). Evidenciándose principalmente que la diversidad de especies de áreas cerradas fue más sensible ante cambios en la estructura y composición florística de los cafetales que la diversidad de especies de áreas abiertas y generalistas. Esto es debido a que las especies de áreas cerradas solo se restringen a hábitats boscosos o ambientes similares y eventualmente ciertas especies que habitan en los estratos altos de bosques, por su preferencia a una mayor luminosidad, pueden ser atraídos a ambientes de bordes de bosque o plantaciones adyacentes de café (DeVries 1988). A comparación con las especies de áreas abiertas que son mas tolerantes a los hábitats que permitan una suficiente entrada de luz solar y las generalistas que se adaptan a diferentes hábitats (DeVries 1987).

5.3 Composición de especies en los SAF's con café y fragmentos de bosque

De acuerdo al análisis de conglomerado, hubo diferencias en la composición de mariposas diurnas entre los hábitats evaluados, con una composición distinta entre FR y los cafetales, con un grupo de mariposas asociadas a FR, otro grupo asociado exclusivamente al hábitat CPL y un grupo que prefiere indistintamente los hábitats de CP y CPM. Esta agrupación de las especies guarda una estrecha relación con la complejidad estructural y florística de los hábitats evaluados, ya que los FR estuvieron representados por especies típicas de bosques (*Heliconius cydno*, *Pierella helvina* y *Cithaeris menander*) y que pueden servir como indicadoras de hábitats más conservados de la zona. Por otra parte, el hábitat CPL estuvo representado por especies (*Heliconius erato*, *Leptophobia aripa* y *Calycopis isobeon*) que requieren de cierta complejidad estructural de los hábitats tales como bosques perturbados, charrales, bordes de bosques y bosques ribereños (DeVries 1987). Específicamente, la especie indicadora *Heliconius erato* necesita de estratos arbóreos altos, debido a que requiere de sitios nocturnos de percha en plantas enredaderas (epífitas) que crecen generalmente en charrales (Chacón y Montero 2007) y comúnmente en árboles altos como el laurel (*Cordia alliodora*) (Florian 2005). Los cafetales pertenecientes a los sistemas CP y CPM, estuvieron representados por especies indicadoras de hábitats perturbados tales como *Hermeuptychia hermes* y *Cissia usitata* (DeVries 19987). Particularmente la especie *H. hermes* ha sido reportada en otros hábitats de menor complejidad estructural como cercas vivas y pastizales en Río Frío, Costa Rica (Tobar 2004). Por lo que podemos decir, que estas diferencias en la agrupación de los hábitats y su representación por especies de mariposas indicadoras, siguió un orden decreciente de importancia. En donde FR claramente fue el de mayor importancia por su alta complejidad estructural y florística reportado por Murrieta (2006), seguido de CPL por presentar dos estratos de sombra compuesto por la especie poró (*Erythrina poeppigiana*) en el estrato bajo, y el laurel (*Cordia alliodora*) en el estrato alto (Florian 2005), y finalmente los hábitats CP y CPM, ambos con un solo estrato bajo de sombra (Florian 2005, Porras 2006).

5.4 Influencia de los fragmentos de bosque sobre la biodiversidad de mariposas diurnas presentes en SAF's con café

Los FR influyeron significativamente en la riqueza de acimófagas presentes en los cafetales. Esto significa que este gremio en particular depende de los bosques para su sobrevivencia, evidenciado en otros estudios similares (Harvey et ál. 2006, Horner-Devine et ál. 2003). Eventualmente, estas especies pueden ocupar hábitats adyacentes a los bosques a distancias relativamente cortas (25 a 150 m) si se compara con otros grupos taxonómicos de mayor movilidad como las aves y la mayoría de los mamíferos. Este resultado corrobora que las especies acimófagas tienen un radio de acción relativamente corto, ya que en un estudio similar realizado en el sur de Costa Rica reportó una distancia de 50 a 100 m (Horner-Devine et ál. 2003). Pero ésta riqueza de acimófagas es estacional o temporal ya que se ha demostrado que ésta influencia de los bosques es significativamente mayor en la época seca que en la lluviosa, relacionado con una mayor disponibilidad de fuentes alimenticias en los bosques (Horner-Devine et ál. 2003). Pero en la zona de estudio no existen épocas de lluvia muy diferenciada, por lo que se puede decir que los resultados obtenidos obedecen más a la disponibilidad temporal de fuentes alimenticias de las acimófagas (principalmente frugívoras) en los bosques que la distribución de la precipitación. Lo que hace suponer que ésta influencia de los bosques en los cafetales, se puede extender en todo el año si se dispone de fuentes alimenticias suficientes en los SAF's con café, principalmente de frutales y de condiciones ambientales similares a los bosques.

Por el contrario, las nectarívoras adultas registradas en los cafetales tal vez solo dependen de los recursos florísticos locales, como plantas herbáceas y arbustivas asociados a los cafetales para su sobrevivencia (Ouin et ál. 2004). Así mismo, los bosques no influyeron en las mariposas de áreas cerradas, de áreas abiertas y generalistas encontradas en cafetales, porque no dependen del bosque y están adaptados a condiciones perturbadas. En el caso de las especies de áreas cerradas, es probable que en otras épocas del año, si exista una correlación significativa con el porcentaje de bosques circundantes, ya que muchas de éstas especies de mariposas (Ithomiinae), presentan movimientos locales por cambios climatológicos locales entre partes altas y bajas en zonas montañosas (DeVries 1987), frecuentando bordes de bosques y áreas abiertas en búsqueda de néctar de plantas de la familia Solanaceae.

6. CONCLUSIONES

Se apreció que en los sistemas agroforestales modernos con café (sombra especializada) con diferencias mínimas en la estructura y composición florística de la sombra, se pueden encontrar diferencias en la diversidad y composición de mariposas diurnas. Un cafetal con dos estratos de sombra (CPL: el de mayor complejidad estructural en la zona de estudio) compuesto al menos por una especie nativa en el estrato alto (laurel: *Cordia alliodora*) y una especie exótica (poró: *Erythrina poeppigiana*) en el estrato bajo, puede favorecer una mayor diversidad de mariposas diurnas y una mayor diversidad de especies de áreas cerradas que los cafetales con solo un estrato bajo de sombra, integrado solamente por especies exóticas como el poro (*Erythrina poeppigiana*) (CP) y las musáceas (*Musa* spp.) (CPM). Así mismo, la presencia de musáceas (fuente alimenticia de mariposas) en los cafetales (CPM) puede favorecer un mayor número de individuos de mariposas acimófagas (consumidora de frutos y hongos en descomposición) que CP y CPL. Por lo que los cafetales con dos especies de sombra (CPL y CPM) son mejores hábitats para la conservación de la diversidad de mariposas de áreas cerradas (CPL) y la abundancia de acimófagas (CPM), que los cafetales con una sola especie de sombra (CP).

En el paisaje evaluado, la cobertura boscosa circundante (de 25 a 150 m) influye en la riqueza de mariposas acimófagas presentes en los cafetales. Por lo que se requiere de la presencia y conservación de fragmentos de bosque y preferiblemente de cafetales de mayor complejidad estructural (con frutales) como una estrategia conjunta para la conservación de mariposas acimófagas en la zona de estudio. Además, los fragmentos de bosque representan el hábitat de mayor importancia para la conservación de mariposas diurnas por una alta presencia de especies nectarívoras, especies de áreas cerradas y diversidad de acimófagas que los cafetales.

7. RECOMENDACIONES

- Establecer sombra de cafetales que son plantas hospederas y fuentes de néctar para mariposas diurnas de áreas abiertas y de fragmentos de bosque como *Inga* spp., *Persea americana*, *Annona* spp., *Cassia* spp., *Citrus* spp. y *Acnistus arborescens*. Además, establecer estrategias para retener malezas comunes en cafetales como *Solanum torvum*, *Asclepias curassavica*, *Passiflora biflora* y *Lantana camara*, que son importantes hospederas y fuentes de néctar, tanto de mariposas nectarívoras de áreas abiertas como de fragmentos de bosque.

- Se recomienda incrementar la complejidad estructural y florística de los cafetales cercanos a fragmentos de bosque (máximo 150 m) con diversas especies de frutales, que aseguren la disponibilidad de fuentes alimenticias para mariposas acimófagas a lo largo del año, además de fomentar el establecimiento de plantas hospederas para dicho gremio de mariposas. Para que de esta manera, los cafetales funcionen como áreas de amortiguamiento de los fragmentos de bosque para la conservación de mariposas acimófagas dependientes de bosques, que son de interés para la conservación. Para esto se sugieren las siguientes especies florísticas:

Espece florística	Función o Relación	Mariposas de interés para la conservación que beneficia	Observaciones
- <i>Musa</i> spp. - <i>Psidium guajava</i> - <i>Spondias mombin</i> - <i>Pouteria zapota</i>	Fuente alimenticia	- <i>Morpho peleides</i> - <i>Caligo memnon</i> - <i>Caligo eurilochus</i> - <i>Pierella helvina</i> - <i>Pierella luna</i> - <i>Tigridia aesta</i> - <i>Historis odius</i> - <i>Opsiphanes</i> spp.	- Frutales promisorias para la diversificación de cafetales de la zona de estudio de acuerdo con Linkimer (2001). - Las musáceas también son hospederas de las especies <i>Caligo memnon</i> , <i>C. eurilochus</i> y <i>Opsiphanes</i> spp.
- <i>Mucuna</i> spp.	Planta hospedera	- <i>Morpho peleides</i>	La <i>Mucuna</i> spp. es una leguminosa herbácea que funciona como abono verde y controlador de maleza en cafetales bajo manejo orgánico.
- <i>Bactris gasipaes</i>	Planta hospedera	- <i>Opsiphanes</i> spp.	Especie de palma promisorio para la diversificación de cafetales de la zona de estudio de acuerdo con Linkimer (2001).
- <i>Annona</i> spp	Planta hospedera	- <i>Archaeoprepona demopoon centralis</i>	Frutal promisorio para la diversificación de cafetales de la zona de estudio de acuerdo con Linkimer (2001).
- <i>Ocotea</i> spp.	Planta hospedera	- <i>Memphis</i> spp. - <i>Archaeoprepona demopoon gulina</i>	Especie maderable promisorio para la diversificación de cafetales de la zona de estudio de acuerdo con Linkimer (2001).

8. BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, MA. 1995. Agroecology: The science of sustainable agriculture. Colorado, US. Westview Press. 433 p.
- Beccaloni, GW. 1997. Vertical stratification of Ithomiinae butterfly (Nymphalidae: Ithomiinae) mimicry complexes: the relationship between adult flight height and the larval host-plant height. *Biological Journal of the Linnean Society* 63:313-341.
- Beer, J; Harvey, C; Ibrahim, M; Harmand, JM; Somarriba, E; Jiménez, F. 2003. Servicios ambientales de los sistemas agroforestales. *Agroforestería en las Américas* 10(37-38):80-87.
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38:139-164.
- Blench, R. 1998. Biodiversity conservation and its opponents. *Natural Resources Perspectives* 32:1-6.
- Brown, KS; Hutchings, RW. 1997. Disturbance, fragmentation, and the dynamic of diversity in Amazonian forest butterflies. In: Lawrence, WF; Bierregard, RO. Eds. *Tropical Forest Remnants: Ecology, Management, and Conservation of Fragmented Communities*. USA, Chicago Press. p. 91-110.
- Canet, L. 2003. Ficha técnica del Corredor Biológico Turrialba-Jiménez. Escuela de Ciencias Ambientales. Investigación en Problemas de Ecología. Costa Rica. 75 p.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 1992. *Sustaining Life on Earth* (En línea). Consultado el 26 de dic 2006. Disponible en <http://www.biodiv.org/doc/publications/guide.shtml?id=web>
- Chacón, I; Montero, J. 2007. *Mariposas de Costa Rica*. Santo Domingo de Heredia, CR. INBIO, MINAE, BM, GEF. 366 p.
- Collinge, SK; Prudic, KL; Oliver, JC. 2003. Effects of local habitat characteristics and landscape context on grassland butterfly diversity. *Conservation Biology* 17(1):178-187.
- Colwell, RK. 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5 Department of Ecology and Evolutionary Biology. University of Connecticut, USA (En línea). Consultado el 4 de oct de 2007. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS>.
- Colwell, RK y Coddington, JA. 1995. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. In Hawksworth, DL. Ed. *In: Biodiversity measurement and estimation*. Chapman & Hall, New York, USA. p. 101-118.

- Daily, GC. 2001. Ecological forecasts. *Nature* 411:245
- Daily, GC; Ehrlich, PR. 1996. Nocturnality and species survival. *Proceedings of the national academy of sciences of the United States of America* 93:11709-11712.
- DeClerck, FAJ; Vaast, P; Soto-Pinto, L; Sinclair, FL. 2007. Multistrata coffee agroforests, biodiversity conservation and coffee productivity: what do we know? *In: International symposium: Multistrata agroforestry systems with perennial crops.* (2, 2007, Turrialba, CR). Making ecosystem services count for farmers, consumers and the environment. IUFRO, CIRAD, WAC, BANGOR UNIVERSITY, CATIE. 1 disco compacto, 8 mm.
- DeVries, PJ. 1987. The butterflies of Costa Rica and their natural history. Volume I: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae. Princeton University Press. 327 p.
- _____. 1988. Stratification of fruit-feeding nymphalid butterflies in a Costa Rican rainforest. *Journal of Research on the Lepidoptera* 26:98-108.
- _____. 1997. The butterflies of Costa Rica and their natural history. Volume II: Riodinidae. Princeton University Press. 288 p.
- _____; Murray, D; Lande, R. 1997. Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest. *Biological Journal of the Linnaen Society* 62:343-364.
- _____; Walla, TR. 1999. Species diversity in spatial and temporal dimensions of fruit-feeding butterflies from two Ecuadorian rainforest. *Biological Journal of the Linnaen Society* 68:333-353.
- Donald, PF. 2004. Biodiversity impacts of some agricultural commodity production systems. *Conservation Biology* 18(1):17-37.
- Estrada, A. Coates-Estrada, S. Merrit, D. 1997. Anthropogenic landscape changes and avian diversity at Los Tuxtlas, México. *Biodiversity and Conservation* 6:19-43.
- Feber, RE; Firbank, LG; Johnson, PJ; Macdonald, DW. 1997. The effects of organic farming on pest and non pest butterfly abundance. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 64:133-139.
- Florian, EM. 2005. Tropical bird assemblages in coffee agroforestry systems: exploring the relationships between landscape context, structural complexity and bird communities in the Turrialba-Jiménez Biological Corridor, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 87 p.

- Florian, EM; Harvey, CA; Finegan, B; Benjamin, T; Soto, G. 2007. The effect of structural complexity and landscape context in the avifauna of coffee agroforestry systems. *In*: International symposium: Multistrata agroforestry systems with perennial crops. (2, 2007, Turrialba, CR). Making ecosystem services count for farmers, consumers and the environment. IUFRO, CIRAD, WAC, BANGOR UNIVERSITY, CATIE. 1 disco compacto, 8 mm.
- Gallina, S; Mandujano, S; González-Romero. 1996. Conservation of mammalian biodiversity in coffee plantations of Central Veracruz, México. *Agroforestry Systems* 33:13-27.
- Gascon, C ; Fonseca, GAB da; Sechrest, W; Billmarck, KA; Sanderson, J. 2004. Biodiversity conservation in deforested and fragmented tropical landscape: An overview. *In*: Schroth, G; Fonseca, GAB da; Harvey CA; Gascon, C; Vasconcelos, HL; Izac, AMN. eds. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Washington, DC. Island Press. p. 15-32.
- George, A. Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 101 p.
- Greenberg, R; Bichier, P; Sterling, J. 1997. Bird populations in rustic and planted shade coffee plantations of Eastern Chiapas, México. *Biotropica* 29(4):501-514.
- Hammer, KC; Hill, JK; Lace, LA; Langan, AM. 1997. Ecological and biogeographical effects of forest disturbance on tropical butterflies of Sumba, Indonesia. *Journal of Biogeography* 24:67-75.
- Harvey, CA; Medina, A; Merlo Sanchez, D; Vílchez, S; Hernandez, B; Saenz, JC; Maes, JM; Casanoves, F; Sinclair, FL. 2006. Patterns of animal diversity in different forms of tree cover in agricultural landscapes. *Ecological Applications* 16:261-289.
- Harvey, CA; Tucker, NIJ; Estrada, A. 2004. Live fences, isolated trees, and windbreaks: Tools for conserving biodiversity in fragmented tropical landscapes. *In*: Schroth, G; Fonseca, GAB da; Harvey CA; Gascon, C; Vasconcelos, HL; Izac, AMN. eds. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Washington, DC. Island Press. p. 15-32.
- Hernández, B; Maes, JM; Harvey, CA; Vílchez, S; Medina, A; Sánchez, D. 2003. Abundancia y diversidad de escarabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 10(39-40):93-102.
- Holdridge, L. 2000. *Ecología basada en zonas de vida*. IICA. San José, CR. 216 p. (Colección libros y materiales educativos/IICA, No. 83).
- Horner-Devine, MC; Daily, GC; Ehrlich PR. 2003. Countryside biogeography of tropical butterflies. *Conservation Biology* 17(1):168-177.

- ICAFFE (Instituto del Café de Costa Rica). 2008. Siete regiones de café (En línea). Consultado el 7 de ene de 2008. Disponible en <http://www.icafe.go.cr>
- ICAFFE (Instituto del Café en Costa Rica); CIA (Centro de Investigaciones Agronómicas). 2001. Caracterización de suelos en la región de Turrialba. Informes de resultados. Costa Rica. 45 p.
- INBIO (Instituto Nacional de Biodiversidad). 2007. Biodiversidad: búsqueda de especies (En línea). Consultado el 16 de jun 2007. Disponible en <http://www.inbio.ac.cr/es/default.html>
- InfoStat. 2007. InfoStat versión 2007/p1. Grupo InfoStat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Johnson, MD. 2000. Effects of shade-tree species and crop structure on the winter arthropod and bird communities in a Jamaican shade coffee plantation. *Biotrópica* 32(1):133-145.
- Lawton, JH. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature* 391:72-75.
- Lewis, OT. 2001. Effect of experimental selective logging on tropical butterflies. *Conservation Biology* 15(2):389-400.
- Linkimer, M. 2001. Árboles nativos para diversificar cafetales en la zona Atlántica de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 117 p.
- Llanderal Ocampo, T. 1998. Diversidad del dosel de sombra en cafetales de Turrialba, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 59 p.
- Magurran, AE. 2004. Measuring biological diversity. Oxford, UK. Blackwell Publishing Company. 256 p.
- Mas, AH; Dietsch, TV. 2003. An index of management intensity for coffee agroecosystems to evaluate butterfly species richness. *Ecological Applications* 13(5):1491-1501.
- _____. 2004. Linking shade coffee certification to biodiversity conservation: butterflies and birds in Chiapas, México. *Ecological Applications* 14(3):642-654.
- _____. 2004. Nature vs. Nurture: managing relationship between forests, agroforestry and wild biodiversity. *Agroforestry Systems* 61:155-165.
- _____; Scherr, SJ. 2003. Ecoagriculture: Strategies to feed the world and save wild biodiversity. Washington DC, US. Island Press. 323 p.
- McCune, B y Mefford, MJ. 1999. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Version 4.34. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.

- McNeely, JA. 1995. How traditional agro-ecosystem can contribute to conserving biodiversity. *In*: Halladay, P; Gilmour, DA. eds. *Conserving biodiversity outside protected areas: The role of traditional agro-ecosystems*. Gland, CH. IUCN. p. 20-40.
- Moguel, P; Toledo, VM. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico. *Conservation Biology* 13(1):11-21.
- Monterrey, J; Suárez, D; González, M. 2001. Comportamiento de insectos en sistemas agroforestales con café en el Pacífico Sur de Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 8(29):15-21
- Moreno, CE. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza, ES. CYTED, ORCYT/UNESCO & SEA. 84 p. (M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1).
- Murrieta Arévalo, E. 2006. Caracterización de cobertura vegetal y propuesta de una red de conectividad ecológica en el Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 125 p.
- Myers, N; Mittermeier, RA; Mittermeier, CG; Fonseca, GAB da. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403:853-858.
- Navarrete, DA. 1998. Estudio de las comunidades de pequeños roedores y mariposas en un bosque tropical manejado para la producción de Madera y sus implicaciones para el monitoreo de la biodiversidad. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 99 p.
- Nilsson Laurito, V; Sánchez-Vindas, P; Manfredi Abarca, R. 2005. Hierbas y arbustos comunes en cafetales y otros cultivos. Herbario Juvenal Valerio Rodríguez. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. 246 p.
- O'Brien, TG; Kinnaird, MF. 2003. Caffeine and conservation. *Science* 300:587.
- Ordoñez Sierra, Y.O. 2003. Validación de indicadores ecológicos para la evaluación de sostenibilidad en bosques bajo manejo forestal en el trópico húmedo, con énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 67 p.
- Quin, A. Aviron, S. Vover, J. Burel, F. 2004. Complementation/supplementation of resources for butterflies in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 103:473-479.
- Perfecto, I; Mas, A, Dietsch, T; Vandermeer, J. 2003. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Biodiversity and Conservation* 12:1239-1252.
- Perfecto, I; Rice, RA; Greenberg, R; Voort, ME Van der. 1996. Shade Coffee: a disappearing refuge for biodiversity. *BioScience* 46(8):598-608.

- Philpott, SM; Dietsch, T. 2003. Coffee and conservation: a global context and the value of farmer involvement. *Conservation Biology* 17(6):1844-1846.
- Porras Vanegas, CM. 2006. Efecto de los sistemas agroforestales de café orgánico y convencional sobre las características de suelos en el Corredor Biológico Turrialba-Jiménez, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 131 p.
- Ramírez, JR. 2006. Prioridades sociales y arreglos institucionales para la gestión local del Corredor Biológico Volcánica Central-Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 88 p.
- Rappole, JH; King, DI; Vega R, JH. 2003. Coffee and conservation. *Conservation Biology* 17(1):334-336.
- Rice, RA; Ward, J. 1996. Coffee, conservations, and commerce in the western hemisphere. Natural Resources Defense Council (En línea). Consultado el 4 de nov de 2006. Disponible en <http://www.nrdc.org/health/farming/cc/cptinx.asp>
- Ricketts, TH. 2001. The matrix matters: effective isolation in fragmented landscapes. *The American Naturalist* 158:87-99.
- Ricketts, TH; Daily, GC; Ehrlich, PR; Fay, JP. 2001. Countryside biogeography of moths in a fragmented landscape: Biodiversity in native and agricultural habitats. *Conservation Biology* 15(2):378-388.
- Rojas, L; Godoy, C; Hanson, P; Kleinn, C; Hilje, L. 2001. Hopper (Homoptera:Auchenorrhyncha) diversity in shaded coffee systems of Turrialba, Costa Rica. *Agroforestry Systems* 53(2):171-177.
- Schroth, G; Fonseca, GAB da; Harvey, CA; Vasconcelos, HL; Gascon, C; Izac, AMN. 2004. Introduction: The role of agroforestry in biodiversity conservation in tropical landscapes. *In*: Schroth, G; Fonseca, GAB da; Harvey CA; Gascon, C; Vasconcelos, HL; Izac, AMN. eds. *Agroforestry and biodiversity conservation in tropical landscapes*. Washington, DC. Island Press. p. 1-22.
- Schulze, CH; Waltert, M; Kessler, PJA; Pitopang, R; Shahabuddin; Veddeler, D; Mühlenberg, M; Steffan-Dewenter, I; Gradstein, SR; Tschardtke, T. 2004. Biodiversity indicator taxa of tropical land-use systems: comparing plants, birds and insects. *Ecological Application* 14(5):1321-1333.
- Somarriba, E; Beer, J; Muschler, RG. 2001. Research methods for multistrata agroforestry systems with coffee and cacao: recommendations from two decades of research at CATIE. *Agroforestry Systems* 53(2):195-203.

- Somarriba, E; Harvey CA; Samper, M; Anthony, F; González, J; Staver, C; Rice, RA. 2004. Biodiversity conservation in neotropical coffee (*Coffea arabica*) plantations. In: Schroth, G; da Fonseca, GAB; Harvey CA; Gascon, C; Vasconcelos, HL; Izac, AMN. eds. Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes. Washington, DC. Island Press. p. 198-226.
- Spitzer, K; Jaros, J; Havelka, J; Leps, J. 1997. Effect of small-scale disturbance on butterfly communities of an Indochinese montane rainforest. *Biological Conservation* 80:9-15.
- Tobar López, DE. 2004. Efecto de hábitat sobre la comunidad de mariposas diurnas en un paisaje fragmentado del norte de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 74 p.
- Tobar López, DE; Muhammad, I; Casasola, F. 2007. Diversidad de mariposas en un paisaje agropecuario en la región Pacífico Central, Costa Rica. *Agroforestería de las Américas* 47:58-65.
- WWF (World Wildlife Fund). 2004. Monitoreo ecológico del manejo forestal en el trópico húmedo: una guía para operadores forestales y certificadores con énfasis en bosques de alto valor para la conservación. San José, CR. 116 p.
- Yépez, C. 2001. Selección de árboles para sombra en cafetales diversificados de Chiapas. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 88 p.

9. ANEXOS

Anexo 1. Formulario de campo para el registro de mariposas diurnas

Sistema agroforestal o bosque: CP___ CPL___ CPM___ Bosque___

Fecha:_____ Condición climática:_____

Hora de inicio:_____ Hora de término:_____

Nombre del observador:_____

Nombre de la finca o propietario:_____

Localidad:_____

Especie	No de observaciones durante el recorrido	Observaciones

Anexo 2. Clasificación taxonómica, por gremios alimenticios (Acimófagos: AC y Nectarívoros: N) y por preferencias de hábitat (Especies de áreas abiertas: A, especies de áreas cerradas: C y especies generalistas de hábitat: G) de las mariposas registradas en sistemas agroforestales con café y fragmentos de bosque en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007. Clasificación basada en DeVries (1987, 1997).

ESPECIE	AC	N	A	C	G
Papilionidae: Papilioninae					
<i>Papilio polyxenes stabilis</i> Rothschild & Jordan, 1906		X	X		
<i>Parides childrenae childrenae</i> Gray, 1832		X		X	
<i>Parides eurimedes mylotes</i> Bates, 1861		X		X	
<i>Parides iphidamas iphidamas</i> Fabricius, 1793		X		X	
<i>Parides panares lycimenes</i> Boisduval, 1870		X		X	
Pieridae: Coliadinae					
<i>Anteos clorinde</i> Godart, 1823		X	X		
<i>Aphrissa boisduvalii</i> Felder, 1861		X	X		
<i>Aphrissa statira</i> Cramer, 1777		X	X		
<i>Eurema albula albula</i> Cramer, 1775		X	X		
<i>Eurema nise</i> Cramer, 1772		X	X		
<i>Phoebis argante</i> Fabricius, 1775		X	X		
<i>Phoebis philea philea</i> Linnaeus, 1776		X	X		
<i>Phoebis sennae</i> Linnaeus, 1758		X	X		
<i>Phoebis trite</i> Linnaeus, 1758		X	X		
Pieridae: Dismorphiinae					
<i>Dismorphia amphione praxinoe</i> Doubleday, 1844		X		X	
<i>Dismorphia theucharila fortunata</i> Lucas, 1854		X		X	
Pieridae: Pierinae					
<i>Ascia monuste monuste</i> Linnaeus, 1764		X	X		
<i>Leptophobia aripa aripa</i> Boisduval, 1836		X			X
Nymphalidae: Acraeinae					
<i>Actinote antea</i> Doubleday, 1847		X			X
Nymphalidae: Brassolinae					
<i>Opsiphanes</i> spp Doubleday, 1849	X			X	
<i>Caligo atreus dionysos</i> Fruhstorfer, 1912	X			X	
<i>Caligo eurilochus</i> Cramer, 1775	X			X	
<i>Caligo memnon memnon</i> Felder & Felder, 1866	X			X	

Anexo 2 (continuación). Clasificación taxonómica, por gremios alimenticios (Acimófagos: AC y Nectarívoros: N) y por preferencias de hábitat (Especies de áreas abiertas: A, especies de áreas cerradas: C y especies generalistas de hábitat: G) de las mariposas registradas en sistemas agroforestales con café y fragmentos de bosque en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007. Clasificación basada en DeVries (1987, 1997).

ESPECIE	AC	N	A	C	G
Nymphalidae: Danainae					
<i>Danaus eresimus</i> Cramer, 1779		X	X		
<i>Danaus gilippus thersippus</i> Bates, 1863		X	X		
<i>Lycorea cleobaea atergatis</i> Doubleday, 1847		X		X	
Nymphalidae: Heliconiinae					
<i>Dione juno</i> Cramer, 1779		X		X	
<i>Dryadula phaetusa</i> Linnaeus, 1758		X	X		
<i>Dryas iulia</i> Fabricius, 1775		X		X	
<i>Eueides isabella</i> Cramer, 1781		X		X	
<i>Heliconius charitonius</i> Linnaeus, 1767		X	X		
<i>Heliconius clysonymus montanus</i> Salvin, 1871		X		X	
<i>Heliconius cydno galanthus</i> Bates, 1864		X		X	
<i>Heliconius doris</i> Linnaeus, 1771		X	X		
<i>Heliconius erato petiverana</i> Doubleday, 1847		X		X	
<i>Heliconius hecalesia formosus</i> Bates, 1863		X		X	
<i>Heliconius ismenius telchinia</i> Doubleday, 1847		X		X	
<i>Heliconius melpomene rosina</i> Boisduval, 1870		X		X	
<i>Heliconius sara fulgidus</i> Stichel, 1906		X		X	
<i>Philaethria dido</i> Linnaeus, 1763		X		X	
Nymphalidae: Ithomiinae					
<i>Callithomia hezia</i> Hewitson, 1853		X		X	
<i>Ceratinia tutia dorilla</i> Bates, 1864		X		X	
<i>Dircenna dero euchytna</i> Felder & Felder, 1867		X		X	
<i>Dircenna relata</i> Butler & Druce, 1872		X		X	
<i>Episcada salvinia</i> Bates, 1864		X		X	
<i>Godyris zavaleta sorites</i> Fox, 1968		X		X	
<i>Greta nero</i> Hewitson, 1854		X		X	
<i>Heterosais edessa nephele</i> Bates, 1862		X		X	
<i>Hyaliris excelsa decumana</i> Godman & Salvin, 1878		X		X	
<i>Hypoleria cassotis</i> Bates, 1864		X		X	
<i>Hyposcada virginiana evanides</i> Haensch, 1909		X		X	
<i>Hypothyris lycaste callispila</i> Bates, 1866		X		X	
<i>Ithomia diasia hippocrenis</i> Bates, 1866		X		X	

Anexo 2 (continuación). Clasificación taxonómica, por gremios alimenticios (Acimófagos: AC y Nectarívoros: N) y por preferencias de hábitat (Especies de áreas abiertas: A, especies de áreas cerradas: C y especies generalistas de hábitat: G) de las mariposas registradas en sistemas agroforestales con café y fragmentos de bosque en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007. Clasificación basada en DeVries (1987, 1997).

ESPECIE	AC	N	A	C	G
Nymphalidae: Ithomiinae (continuación)					
<i>Ithomia heraldica</i> Bates, 1866		X		X	
<i>Ithomia patilla</i> Hewitson, 1853		X			X
<i>Mechanitis lysimnia doryssus</i> Bates, 1864		X			X
<i>Mechanitis menapis saturata</i> Godman & Salvin, 1901		X		X	
<i>Mechanitis polymnia isthmia</i> Bates, 1863		X			X
<i>Melinaea ethra lilis</i> Bates, 1864		X		X	
<i>Napeogenes tolosa amara</i> Godman, 1899		X		X	
<i>Oleria paula</i> Weymer, 1884		X		X	
<i>Oleria rubescens</i> Butler & Druce, 1872		X		X	
<i>Olyras insignis insignis</i> Salvin, 1869		X		X	
<i>Pseudoscada utilla pusio</i> Godman & Salvin, 1877		X		X	
<i>Pteronymia agalla</i> Godman & Salvin, 1879		X			X
<i>Pteronymia notilla</i> Butler & Druce, 1872		X		X	
<i>Tithorea tarricina pinthias</i> Goldman & Salvin, 1879		X		X	
Nymphalidae: Melitacinae					
<i>Anthanassa drusilla lelex</i> Bates, 1864		X	X		
<i>Chlosyne janais</i> Drury, 1782		X	X		
<i>Eresia alsina</i> Hewitson, 1869		X		X	
<i>Eresia clara</i> Bates, 1864		X		X	
<i>Tegosa anieta anieta</i> Hewitson, 1864		X		X	
Nymphalidae: Morphinae					
<i>Antirrhea pterocopa</i> Godman & Salvin, 1868	X			X	
<i>Morpho peleides limpida</i> Butler, 1872	X			X	
Nymphalidae: Nymphalinae					
<i>Adelpha cytherea marcia</i> Fruhstofer	X			X	
<i>Adelpha iphichus</i> Linnaeus, 1758	X			X	
<i>Anartia fatima</i> Godart, 1824		X	X		
<i>Anartia jatrophae</i> Linnaeus, 1763		X	X		
<i>Historis odius odius</i> Fabricius, 1775	X				X
<i>Siproeta stelenes bigiplata</i> Fruhstorfer, 1907	X				X
<i>Tigridia acesta</i> Linnaeus, 1758	X			X	
<i>Marpesia berania</i> Hewitson, 1852		X			X

Anexo 2 (continuación). Clasificación taxonómica, por gremios alimenticios (Acimófagas: AC y Nectarívoras: N) y por preferencias de hábitat (Especies de áreas abiertas: A, especies de áreas cerradas: C y especies generalistas de hábitat: G) de las mariposas registradas en sistemas agroforestales con café y fragmentos de bosque en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007. Clasificación basada en DeVries (1987, 1997).

ESPECIE	AC	N	A	C	G
Nymphalidae: Satyrinae					
<i>Cissia pseudoconfusa</i> Singer, Devries & Ehrlich, 1983	X			X	
<i>Cissia satyrina</i> Bates, 1865	X			X	
<i>Cissia usitata</i> Butler, 1866	X			X	
<i>Cithaerias menander</i> Drury, 1782	X			X	
<i>Euptychia westwoodi</i> Butler, 1866	X			X	
<i>Hermeuptychia hermes</i> Fabricius, 1775	X				X
<i>Magneuptychia libye</i> Linnaeus, 1767	X			X	
<i>Pareuptychia metaleuca</i> Boisduval, 1870	X			X	
<i>Pareuptychia ocirrhoe</i> Fabricius, 1789	X			X	
<i>Pierella helvina incanescens</i> Godman & Salvin, 1877	X			X	
<i>Pierella luna luna</i> Fabricius, 1793	X			X	
<i>Taygetis andromeda</i> Cramer, 1779	X			X	
Riodinidae: Riodininae					
<i>Baeotis sulphurea</i> Boisduval, 1870		X		X	
<i>Calephelis</i> spp Grote & Robinson, 1869		X	X		
<i>Charis gynaea</i> Godart, 1824		X		X	
<i>Eurybia elvina elvina</i> Stichel, 1910		X		X	
<i>Eurybia unxia</i> Godman & Salvin 1885		X		X	
<i>Leucochimona lagora</i> Herrich-Schäffer, 1853		X		X	
<i>Mesosemia ceropia</i> Druce, 1874		X		X	
<i>Setabis lagus</i> Butler, 1870		X		X	
<i>Thisbe lycorias</i> Hewitson, 1853		X		X	
Lycaenidae: Lycaeninae					
<i>Calycopis isobea</i> Butler & Druce, 1872		X		X	
<i>Eumaeus godarti</i> Boisduval, 1870		X		X	
<i>Pseudolycaena damo</i> Druce, 1875		X		X	

Anexo 3. Lista de especies de mariposas y sus abundancias registradas en los hábitats café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL), café-poró-musa (CPM) y fragmentos de bosque (FR), en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007. Los valores entre paréntesis representan el valor relativo (%) de la abundancia con respecto al total de individuos registrados en cada hábitat.

No	ESPECIE	CP	CPL	CPM	FR	TOTAL
	Papilionidae: Papilioninae					
60	<i>Papilio polyxenes stabilis</i> Rothschild & Jordan, 1906	1 (0.36)	0 (0)	2 (0.57)	0 (0)	3 (0.24)
76	<i>Parides childrenae childrenae</i> Gray, 1832	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0.61)	2 (0.16)
77	<i>Parides iphidamas iphidamas</i> Fabricius, 1793	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0.61)	2 (0.16)
78	<i>Parides panares lycimenes</i> Boisduval, 1870	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0.61)	2 (0.16)
102	<i>Parides eurimedes mylotes</i> Bates, 1861	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.31)	1 (0.08)
	Pieridae: Coliadinae					
5	<i>Eurema albula</i> Cramer, 1775	7 (2.5)	35 (11.55)	22 (6.29)	0 (0)	64 (5.08)
6	<i>Eurema nise</i> Cramer, 1772	4 (1.43)	29 (9.57)	16 (4.57)	0 (0)	49 (3.89)
21	<i>Phoebis argante</i> Fabricius, 1775	5 (1.79)	7 (2.31)	3 (0.86)	0 (0)	15 (1.19)
25	<i>Phoebis sennae</i> Linnaeus, 1758	6 (2.14)	3 (0.99)	4 (1.14)	0 (0)	13 (1.03)
29	<i>Phoebis philea philea</i> Linnaeus, 1776	6 (2.14)	0 (0)	3 (0.86)	0 (0)	9 (0.71)
43	<i>Anteos clorinde</i> Godart, 1823	0 (0)	4 (1.32)	0 (0)	0 (0)	4 (0.32)
44	<i>Aphrissa statira</i> Cramer, 1777	1 (0.36)	1 (0.33)	2 (0.57)	0 (0)	4 (0.32)
85	<i>Aphrissa boisduvalii</i> Felder, 1861	1 (0.36)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.08)
103	<i>Phoebis trite</i> Linnaeus, 1758	0 (0)	1 (0.33)	0 (0)	0 (0)	1 (0.08)
	Pieridae: Dismorphiinae					
67	<i>Dismorphia amphione praxinoe</i> Doubleday, 1844	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0.61)	2 (0.16)
90	<i>Dismorphia theucharila fortunata</i> Lucas, 1854	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.31)	1 (0.08)
	Pieridae: Pierinae					
9	<i>Leptophobia aripa</i> Boisduval, 1836	2 (0.71)	29 (9.57)	3 (0.86)	1 (0.31)	35 (2.78)
15	<i>Ascia monuste</i> Linnaeus, 1764	7 (2.5)	9 (2.97)	1 (0.29)	0 (0)	17 (1.35)
	Nymphalidae: Acraeinae					
42	<i>Actinote antea</i> Doubleday, 1847	1 (0.36)	0 (0)	3 (0.86)	0 (0)	4 (0.32)
	Nymphalidae: Brassolinae					
32	<i>Caligo memnon memnon</i> Felder & Felder, 1866	2 (0.71)	1 (0.33)	4 (1.14)	0 (0)	7 (0.56)
39	<i>Caligo eurilochus</i> Cramer, 1775	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (1.53)	5 (0.4)
59	<i>Opsiphanes</i> spp Doubleday, 1849	2 (0.71)	0 (0)	1 (0.29)	0 (0)	3 (0.24)
87	<i>Caligo atreus dionysos</i> Fruhstorfer, 1912	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.31)	1 (0.08)
	Nymphalidae: Danainae					
65	<i>Danaus gilippus thersippus</i> Bates, 1863	1 (0.36)	1 (0.33)	0 (0)	0 (0)	2 (0.16)
89	<i>Danaus eresimus</i> Cramer, 1779	1 (0.36)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.08)
96	<i>Lycorea cleobaea atergatis</i> Doubleday, 1847	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.31)	1 (0.08)

Anexo 3 (continuación). Lista de especies de mariposas y sus abundancias registradas en los hábitats café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL), café-poró-musa (CPM) y fragmentos de bosque (FR), en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007. Los valores entre paréntesis representan el valor relativo (%) de la abundancia con respecto al total de individuos registrados en cada hábitat.

No	ESPECIE	CP	CPL	CPM	FR	TOTAL
	Nymphalidae: Heliconiinae					
8	<i>Heliconius cydno galanthus</i> Bates, 1864	1 (0.36)	1 (0.33)	0 (0)	33 (10.12)	35 (2.78)
12	<i>Dryas iulia</i> Fabricius, 1775	6 (2.14)	7 (2.31)	10 (2.86)	0 (0)	23 (1.83)
14	<i>Heliconius erato petiverana</i> Doubleday, 1847	3 (1.07)	13 (4.29)	4 (1.14)	0 (0)	20 (1.59)
26	<i>Heliconius sara fulgidus</i> Stichel, 1906	3 (1.07)	0 (0)	4 (1.14)	4 (1.23)	11 (0.87)
49	<i>Heliconius charitonius</i> Linnaeus, 1767	0 (0)	0 (0)	2 (0.57)	2 (0.61)	4 (0.32)
50	<i>Heliconius doris</i> Linnaeus, 1771	1 (0.36)	0 (0)	0 (0)	3 (0.92)	4 (0.32)
66	<i>Dione junio</i> Cramer, 1779	0 (0)	1 (0.33)	1 (0.29)	0 (0)	2 (0.16)
70	<i>Heliconius chlysonymus montanus</i> Salvin, 1871	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0.61)	2 (0.16)
71	<i>Heliconius hecalesia formosus</i> Bates, 1863	0 (0)	0 (0)	1 (0.29)	1 (0.31)	2 (0.16)
72	<i>Heliconius melpomene rosina</i> Boisduval, 1870	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0.61)	2 (0.16)
79	<i>Philaethria dido</i> Linnaeus, 1763	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0.61)	2 (0.16)
91	<i>Dryadula phaetusa</i> Linnaeus, 1758	1 (0.36)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.08)
94	<i>Eueides isabella</i> Cramer, 1781	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.31)	1 (0.08)
95	<i>Heliconius ismenius telchinia</i> Doubleday, 1847	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.31)	1 (0.08)
	Nymphalidae: Ithomiinae					
7	<i>Mechanitis polymnia isthmia</i> Bates, 1863	7 (2.5)	7 (2.31)	2 (0.57)	20 (6.13)	36 (2.86)
17	<i>Pteronymia notilla</i> Butler & Druce, 1872	0 (0)	0 (0)	0 (0)	16 (4.91)	16 (1.27)
18	<i>Heterosais edessa nephele</i> Bates, 1862	0 (0)	0 (0)	0 (0)	15 (4.6)	15 (1.19)
22	<i>Pseudoscada utilla pusio</i> Godman & Salvin, 1877	0 (0)	0 (0)	0 (0)	15 (4.6)	15 (1.19)
24	<i>Hypoleria cassotis</i> Bates, 1864	0 (0)	0 (0)	0 (0)	13 (3.99)	13 (1.03)
28	<i>Oleria paula</i> Weymer, 1884	0 (0)	0 (0)	0 (0)	10 (3.07)	10 (0.79)
30	<i>Ceratinia tutia dorilla</i> Bates, 1864	0 (0)	1 (0.33)	0 (0)	7 (2.15)	8 (0.64)
34	<i>Dircenna relata</i> Butler & Druce, 1872	0 (0)	2 (0.66)	2 (0.57)	3 (0.92)	7 (0.56)
35	<i>Ithomia patilla</i> Hewitson, 1853	1 (0.36)	0 (0)	4 (1.14)	2 (0.61)	7 (0.56)
36	<i>Napeogenes tolosa amara</i> Godman, 1899	0 (0)	0 (0)	0 (0)	7 (2.15)	7 (0.56)
38	<i>Olyras insignis insignis</i> Salvin, 1869	0 (0)	0 (0)	0 (0)	6 (1.84)	6 (0.48)
40	<i>Hyposcada virginiana evanides</i> Haensch, 1909	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (1.53)	5 (0.4)
41	<i>Melinaea ethra lilis</i> Bates, 1864	0 (0)	0 (0)	0 (0)	5 (1.53)	5 (0.4)
45	<i>Dircenna dero euchytha</i> Felder & Felder, 1867	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (1.23)	4 (0.32)
47	<i>Godyris zavaleta sorites</i> Fox, 1968	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (1.23)	4 (0.32)
48	<i>Greta nero</i> Hewitson, 1854	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (1.23)	4 (0.32)
53	<i>Callithomia hezia</i> Hewitson, 1853	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (0.92)	3 (0.24)
55	<i>Hypothyris lycaste callispila</i> Bates, 1866	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (0.92)	3 (0.24)
56	<i>Ithomia diasa hippocrenis</i> Bates, 1866	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (0.92)	3 (0.24)
57	<i>Ithomia heraldica</i> Bates, 1866	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (0.92)	3 (0.24)
62	<i>Pteronymia agalla</i> Godman & Salvin, 1879	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (0.92)	3 (0.24)
63	<i>Tithorea tarricina pinthias</i> Goldman & Salvin, 1879	0 (0)	0 (0)	0 (0)	3 (0.92)	3 (0.24)
74	<i>Hyaliris excelsa decumana</i> Godman & Salvin, 1878	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0.61)	2 (0.16)
75	<i>Oleria rubescens</i> Butler & Druce, 1872	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (0.61)	2 (0.16)

Anexo 3 (continuación). Lista de especies de mariposas y sus abundancias registradas en los hábitats café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL), café-poró-musa (CPM) y fragmentos de bosque (FR), en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007. Los valores entre paréntesis representan el valor relativo (%) de la abundancia con respecto al total de individuos registrados en cada hábitat.

No	ESPECIE	CP	CPL	CPM	FR	TOTAL
	Nymphalidae: Ithomiinae (continuación)					
92	<i>Episcada salvinia</i> Bates, 1864	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.31)	1 (0.08)
98	<i>Mechanitis lysimnia doryssus</i> Bates, 1864	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.31)	1 (0.08)
99	<i>Mechanitis menapis saturata</i> Godman & Salvin, 1901	0 (0)	1 (0.33)	0 (0)	0 (0)	1 (0.08)
	Nymphalidae: Melitaeinae					
23	<i>Chlosyne janais</i> Drury, 1782	4 (1.43)	4 (1.32)	6 (1.71)	0 (0)	14 (1.11)
68	<i>Eresia alsina</i> Hewitson, 1869	0 (0)	0 (0)	1 (0.29)	1 (0.31)	2 (0.16)
80	<i>Tegosa anieta anieta</i> Hewitson, 1864	0 (0)	1 (0.33)	0 (0)	1 (0.31)	2 (0.16)
83	<i>Anthanassa drusilla lelex</i> Bates, 1864	0 (0)	0 (0)	1 (0.29)	0 (0)	1 (0.08)
93	<i>Eresia clara</i> Bates, 1864	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.31)	1 (0.08)
	Nymphalidae: Morphinae					
20	<i>Morpho peleides limpida</i> Butler, 1872	0 (0)	0 (0)	0 (0)	15 (4.6)	15 (1.19)
84	<i>Antirrhoe pterocopha</i> Godman & Salvin, 1868	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.31)	1 (0.08)
	Nymphalidae: Nymphalinae					
11	<i>Anartia fatima</i> Godart, 1824	11 (3.93)	1 (0.33)	14 (4)	0 (0)	26 (2.07)
51	<i>Siproeta stelenes bigiplata</i> Fruhstorfer, 1907	1 (0.36)	1 (0.33)	2 (0.57)	0 (0)	4 (0.32)
52	<i>Anartia jatrophae</i> Linnaeus, 1763	0 (0)	0 (0)	3 (0.86)	0 (0)	3 (0.24)
73	<i>Historis odius odius</i> Fabricius, 1775	0 (0)	0 (0)	2 (0.57)	0 (0)	2 (0.16)
81	<i>Adelpha cytherea marcia</i> Fruhstorfer	0 (0)	0 (0)	1 (0.29)	0 (0)	1 (0.08)
82	<i>Adelpha iphichlus</i> Linnaeus, 1758	0 (0)	1 (0.33)	0 (0)	0 (0)	1 (0.08)
97	<i>Marpesia berania</i> Hewitson, 1852	0 (0)	0 (0)	1 (0.29)	0 (0)	1 (0.08)
106	<i>Tigridia acesta</i> Linnaeus, 1758	0 (0)	0 (0)	1 (0.29)	0 (0)	1 (0.08)
	Nymphalidae: Satyrinae					
1	<i>Hermeuptychia hermes</i> Fabricius, 1775	83 (29.64)	47 (15.51)	114 (32.57)	0 (0)	244 (19.38)
2	<i>Cissia usitata</i> Butler, 1866	29 (10.36)	11 (3.63)	56 (16)	1 (0.31)	97 (7.7)
10	<i>Pierella helvina incanescens</i> Godman & Salvin, 1877	0 (0)	1 (0.33)	1 (0.29)	27 (8.28)	29 (2.3)
13	<i>Pareuptychia ocirrhoe</i> Fabricius, 1789	4 (1.43)	13 (4.29)	4 (1.14)	0 (0)	21 (1.67)
16	<i>Cithaerias menander</i> Drury, 1782	0 (0)	0 (0)	0 (0)	16 (4.91)	16 (1.27)
19	<i>Magneuptychia libye</i> Linnaeus, 1767	0 (0)	2 (0.66)	4 (1.14)	9 (2.76)	15 (1.19)
27	<i>Taygetis andromeda</i> Cramer, 1779	1 (0.36)	5 (1.65)	2 (0.57)	3 (0.92)	11 (0.87)
54	<i>Euptychia westwoodi</i> Butler, 1866	0 (0)	0 (0)	2 (0.57)	1 (0.31)	3 (0.24)
61	<i>Pierella luna luna</i> Fabricius, 1793	0 (0)	2 (0.66)	0 (0)	1 (0.31)	3 (0.24)
64	<i>Cissia pseudoconfusa</i> Singer, Devries & Ehrlich, 1983	0 (0)	1 (0.33)	1 (0.29)	0 (0)	2 (0.16)
88	<i>Cissia satyrina</i> Bates, 1865	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.31)	1 (0.08)
101	<i>Pareuptychia metaleuca</i> Boisduval, 1870	0 (0)	1 (0.33)	0 (0)	0 (0)	1 (0.08)

Anexo 3 (continuación). Lista de especies de mariposas y sus abundancias registradas en los hábitats café-poró (CP), café-poró-laurel (CPL), café-poró-musa (CPM) y fragmentos de bosque (FR), en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007. Los valores entre paréntesis representan el valor relativo (%) de la abundancia con respecto al total de individuos registrados en cada hábitat.

No	ESPECIE	CP	CPL	CPM	FR	TOTAL
	Riodinidae: Riodininae					
3	<i>Calephelis</i> spp Grote & Robinson, 1869	27 (9.64)	42 (13.86)	19 (5.43)	0 (0)	88 (6.99)
33	<i>Charis gynaea</i> Godart, 1824	0 (0)	1 (0.33)	1 (0.29)	5 (1.53)	7 (0.56)
46	<i>Eurybia elvina elvina</i> Stichel, 1910	0 (0)	0 (0)	0 (0)	4 (1.23)	4 (0.32)
58	<i>Leucochimona lagora</i> Herrich-Schäffer, 1853	0 (0)	0 (0)	1 (0.29)	2 (0.61)	3 (0.24)
69	<i>Eurybia unxia</i> Godman & Salvin 1885	1 (0.36)	1 (0.33)	0 (0)	0 (0)	2 (0.16)
86	<i>Baeotis sulphurea</i> Boisduval, 1870	0 (0)	0 (0)	1 (0.29)	0 (0)	1 (0.08)
100	<i>Mesosemia ceropia</i> Druce, 1874	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.31)	1 (0.08)
104	<i>Setabis lagus</i> Butler, 1870	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.31)	1 (0.08)
105	<i>Thisbe lycorias</i> Hewitson, 1853	1 (0.36)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (0.08)
	Lycaenidae: Lycaeninae					
4	<i>Calycopis isobea</i> Butler & Druce, 1872	44 (15.71)	14 (4.62)	15 (4.29)	0 (0)	73 (5.8)
31	<i>Pseudolycaena damo</i> Druce, 1875	4 (1.43)	1 (0.33)	3 (0.86)	0 (0)	8 (0.64)
37	<i>Eumaeus godarti</i> Boisduval, 1870	0 (0)	0 (0)	0 (0)	6 (1.84)	6 (0.48)
	Total general	280 (100)	303 (100)	350 (100)	326 (100)	1259 (100)

Anexo 4. Lista de cafetales (CP: café-poró, CPL: café-poró-laurel y CPM: café-poró-musa) y fragmentos de bosque (FR) muestreados en el Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica, 2007. Sistema de coordenadas Costa Rica Transversal Mercator (CRTM) registradas en campo con Geoposicionador (GPS)

NO DE PARCELA	PROPIETARIO	LOCALIDAD	DISTRITO	COORDENADA ESTE (x)	COORDENADA NORTE (y)
CP1	Antonio Salas	San Rafael	Pavones	542477	1093355
CP2	CATIE	CATIE	Turrialba	537040	1094214
CP3	Gerardo Rodríguez	La Entrada	Tayutic	547070	1085748
CP4	Hacienda Reventazon	Javillos	Pavones	541990	1097217
CP5	Jorge Barbosa	La Guaria	Sta Teresita	537888	1103186
CP6	Vinicio Barbosa	Sta Teresita	Sta Teresita	538581	1102788
CPL1	Felipe Falla	Tuis Centro	Tuis	546462	1087626
CPL2	Finca CATTICA	Pacuare 1	Tres equis	547562	1096817
CPL3	Finca CATTICA	Pacuare 2	Tres equis	547259	1097077
CPL4	Gerardo Segura	El Cimarron	Sta Teresita	537701	1102104
CPL5	Mario Aguilar	Eslabón	La Suiza	540436	1091761
CPL6	Felipe Falla	Tuis 2	Tuis	545049	1087438
CPM1	Alvaro Aguilar	San Ramón	Sta Teresita	536891	1100955
CPM2	Bolívar Nájera	Alto Varas	La Isabel	536761	1099065
CPM3	Carlos Zuñiga	San Antonio	Tayutic	549249	1084525
CPM4	Nicolas Guillén	Colonia Guayabo	Sta Teresita	535738	1101200
CPM5	Rigoberto Ureña	Colonia Guayabo	Sta Teresita	534518	1101534
CPM6	Fabio Vindas	San Martín	La Isabel	537515	1099073
FR 1	Carboazul	Azul	La Isabel	537591	1096228
FR 2	Finca Clayma de CR	San Rafael	Pavones	542431	1093071
FR 3	Finca Ornatoco	Javillos	Pavones	543731	1096334
FR 4	Florencia Industrial	Florencia Industrial 1	Turrialba	536880	1090759
FR 5	Florencia Industrial	Florencia Industrial 2	Turrialba	536684	1090761
FR 6	MN Guayabo	MN Guayabo	Sta Teresita	534012	1102349