

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Biología



Excelencia que trasciende

DELVALLE
GRUPO EDUCATIVO

**CAFÉ Y DIFERENTES SISTEMAS DE SOMBRA: SU
RELACIÓN CON LA DIVERSIDAD DE MARIPOSAS
DIURNAS AL SURESTE DEL VOLCÁN ATITLÁN,
GUATEMALA**

Trabajo de investigación presentado por
María Luisa Müller Theissen
para optar al grado de Licenciada en Biología

Guatemala
2005

CAFÉ Y DIFERENTES SISTEMAS DE SOMBRA: SU
RELACIÓN CON LA DIVERSIDAD DE MARIPOSAS
DIURNAS AL SURESTE DEL VOLCÁN ATITLÁN,
GUATEMALA


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Biología

**CAFÉ Y DIFERENTES SISTEMAS DE SOMBRA: SU
RELACIÓN CON LA DIVERSIDAD DE MARIPOSAS
DIURNAS AL SURESTE DEL VOLCÁN ATITLÁN,
GUATEMALA**


Trabajo de investigación presentado por
María Luisa Müller Theissen
para optar al grado de Licenciada en Biología


Guatemala
2005


VoBo.

f) 
MSc. Claudio Méndez Hernández
Asesor Principal

Tribunal Examinador

f) 
MSc. Claudio Méndez Hernández
Asesor Principal

f) 
MSc. Enio Cano
Asesor

f) 
Licda. Margarita Palmieri
Directora del Departamento

Fecha de aprobación: 6 de diciembre de 2005

A mi familia por su interminable amor y apoyo.

AGRADECIMIENTOS

Deseo presentar agradecimientos a las siguientes personas sin las cuales no hubiera sido posible la realización del presente trabajo: Claudio Méndez por su ayuda y asesoría; Enio Cano, Cristina Bailey, Margarita Palmieri y Mayra Maldonado por sus correcciones y sugerencias; Dr. Robert Rice del Centro de Aves Migratorias del Instituto Smithsonian; Andrew Burge de Finca Tarrales, Enrique Rodríguez de Finca El Retiro y Edgar Lazo-Wasem de Finca Chipacay por permitirme hacer el muestreo en sus respectivas fincas; César García por hacer los contactos con los propietarios de las fincas; Rodolfo Müller Theissen, José Rolando Palomo y Juan González por su invaluable ayuda con el trabajo de campo; Dra. Elfriede Pöll por su ayuda con la identificación de plantas; Oscar de León por su ayuda con la edición final. La elaboración de este proyecto fue posible gracias al apoyo financiero del Centro de Aves Migratorias del Instituto Smithsonian con sede en Washington, D.C. por medio de su proyecto de certificación de café amigable a las aves “Bird Friendly”.

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS	v
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
A. Antecedentes	1
1. El agroecosistema de café	1
2. Ecología e importancia de las mariposas diurnas	5
3. Mariposas diurnas y cafetales	6
B. Justificación	7
C. Hipótesis	8
D. Objetivos	8
1. Principal	8
2. Secundarios	9
II. MÉTODOS	10
A. Sitio de estudio	10
B. Diseño experimental	11
C. Vegetación y variables del terreno	15
1. Caracterización	15
2. Correlaciones y comparaciones estadísticas	17
D. Muestreo de mariposas	18
1. Trampeo	20
2. Censos visuales	20
E. Análisis de datos	21
1. Curvas de acumulación de especies	21
2. Abundancia y diversidad	22
3. Comparaciones estadísticas	22

4. Análisis de ordenación	23
III. RESULTADOS	25
A. Análisis de vegetación y variables del terreno	25
1. Correlaciones	25
2. Comparaciones estadísticas	25
B. Muestreo de mariposas	27
C. Curvas de acumulación de especies	28
D. Análisis de varianza	30
E. Análisis de ordenación	34
IV. DISCUSIÓN	39
A. Discusión de los métodos de muestreo	39
B. Valor de los cafetales en la conservación de mariposas diurnas	41
V. CONCLUSIONES	44
VI. RECOMENDACIONES	45
VII. LITERATURA CITADA	46
VIII. APÉNDICES	50
1. Hoja para toma de datos de cobertura vegetal y características del terreno por unidad experimental.	51
2. Inventario de vegetación para las unidades experimentales de cafetal con sombra de <i>Inga</i> , cafetal con sombra mixta y bosque.	52
3. Datos de densidad del dosel para las unidades experimentales de cafetal con sombra de <i>Inga</i> , cafetal con sombra mixta y bosque.	55
4. Datos de cobertura del sotobosque para las unidades experimentales de cafetal con sombra de <i>Inga</i> , cafetal con sombra mixta y bosque.	57
5. Hoja para toma de datos de distribución y abundancia de mariposas diurnas.	59
6. Valores de significancia (Pillai's Trace) obtenidos en las comparaciones estadísticas entre hábitats de acuerdo a diferentes variables ambientales y de cobertura vegetal.	60
7. Resumen de valores de abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas diurnas por unidad experimental, fecha y método de muestreo.	61

8. Datos cuantitativos totales de mariposas diurnas registradas durante el estudio para las unidades experimentales de cafetal con sombra de <i>Inga</i> , cafetal con sombra mixta y bosque.	61
9. Datos cuantitativos de mariposas diurnas registradas durante el estudio por medio de censos visuales en unidades de cafetal con sombra de <i>Inga</i> , cafetal con sombra mixta y bosque.	63
10. Datos cuantitativos de mariposas diurnas registradas durante el estudio mediante trampas en unidades de cafetal con sombra de <i>Inga</i> , cafetal con sombra mixta y bosque.	64
11. Valores de significancia obtenidos en las comparaciones estadísticas para el efecto entre-sujetos (hábitat) de acuerdo a abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas diurnas según el método de muestreo.	65
12. Valores de significancia obtenidos en las comparaciones estadísticas para el efecto intra-sujetos (fecha/interacción fecha x hábitat) de acuerdo a abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas diurnas según el método de muestreo.	65
13. Valores de significancia obtenidos en la prueba de Maulchy para evaluar el supuesto de esfericidad en los datos de abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas diurnas según el método de muestreo.	66
14. Valores de significancia obtenidos en la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas por fecha en los datos de abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas diurnas según el método de muestreo.	66
15. Correlaciones de mariposas diurnas por especie relativas a unidades experimentales de café con sombra de <i>Inga</i> , café con sombra mixta y bosque de acuerdo a datos cuantitativos totales.	66
16. Valores de abundancia de mariposas diurnas registradas en cafetal con sombra de <i>Inga</i> , cafetal con sombra mixta y bosque de acuerdo a especie y método de muestreo.	79
IX. LÁMINAS	81
1a. Nymphalinae (vista dorsal)	82
1b. Nymphalinae (vista ventral)	83

2a. Heliconiinae/Danainae/Ithomiinae/Pieridae/Nymphalinae/Melitaeinae (vista dorsal)	84
2b. Heliconiinae/Danainae/Ithomiinae/Pieridae/Nymphalinae/Melitaeinae (vista ventral)	85
3a. Charaxinae (vista dorsal)	86
3b. Charaxinae (vista ventral)	87
4a. Brassolinae/Morphinae/Satyrinae (vista dorsal)	88
4b. Brassolinae/Morphinae/Satyrinae (vista ventral)	89

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Características generales de las unidades experimentales por bloque.	18
2. Correlaciones (Pearson) entre variables de vegetación y del terreno.	26
3. Comparaciones estadísticas entre hábitats de acuerdo a características de la vegetación y del terreno.	27
4. Lista anotada de especies de mariposas diurnas registradas durante el estudio.	31
5. Valores selectos de riqueza estimados para determinados esfuerzos de muestreo mediante el modelo Clench para el sitio de estudio y por hábitat según método de muestreo.	32
6. Comparaciones estadísticas para el efecto entre-sujetos (hábitat) de acuerdo a abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas diurnas según el método de muestreo.	34
7. Comparaciones estadísticas para el efecto intra-sujetos (fecha e interacción fecha x hábitat) de acuerdo a abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas diurnas según el método de muestreo.	34

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. Zonas de producción de café en Guatemala en 2001 y área de estudio de mariposas diurnas.	2
2. Localización de las fincas y región de muestreo.	12
3. Plantación de café con sombra de <i>Inga</i> en Pochuta, Chimaltenango.	13
4. Plantación de café con dosel de sombra mixta en Pochuta, Chimaltenango.	13
5. Vista de bosque natural en Patulul, Suchitepéquez.	13
6. Vista panorámica de plantaciones de café con sombra de <i>Inga</i> (a.) y sombra mixta (b.).	14
7. Diagrama idealizado de la distribución de los tratamientos por bloque.	15
8. Secuencias de muestreo por bloque.	15
9. Esquema de trampa Van Someren Rydon para mariposas diurnas.	21
10. Curvas de acumulación de especies de mariposas diurnas para datos totales según método de muestreo con datos reales (a.) y valores estimados de acuerdo al modelo Clench para 100 muestras (b.).	32
11. Curvas de acumulación de especies de mariposas diurnas por método de muestreo y hábitat con datos reales aleatorizados (a.) y valores estimados a partir del modelo Clench para 100 muestras (b.).	33
12. Análisis de ordenación de unidades experimentales de café con sombra de <i>Inga</i> , café con sombra mixta y bosque de acuerdo a datos totales de mariposas diurnas.	36
13. Análisis de ordenación de unidades experimentales de café con sombra de <i>Inga</i> , café con sombra mixta y bosque de acuerdo a datos de mariposas diurnas atraídas a trampas.	37
14. Análisis de ordenación de unidades experimentales de café con sombra de <i>Inga</i> , café con sombra mixta y bosque de acuerdo a datos de mariposas diurnas registradas durante censos visuales.	37

RESUMEN

En los últimos años, los estudios que han evaluado el valor de sistemas de café con sombra en la conservación de especies, han ido más allá de simplemente comparar sistemas con y sin sombra para analizar sistemas de sombra con diferentes grados de diversificación y complejidad. En este trabajo se midió mediante una combinación de métodos visuales y de trapeo las diferencias de riqueza, abundancia, heterogeneidad y composición de mariposas diurnas entre bosque natural y plantaciones de café con dos distintos sistemas de sombra: un dosel compuesto casi exclusivamente de *Inga* spp. y un dosel de sombra más diversa, compuesto por especies cultivadas y de emergencia natural. El fin de este estudio fue evaluar el posible valor de estos agroecosistemas en la conservación de la biodiversidad de mariposas diurnas. El resultado del análisis de varianza mostró poca diferenciación entre los dos tipos de cafetal evaluados y bosque de acuerdo a abundancia, riqueza y heterogeneidad de especies. Sin embargo, al tomar en cuenta la composición de especies, el análisis de ordenación mostró una diferenciación entre cafetales y bosque, mientras que los cafetales se agruparon mostrando poca diferenciación entre sí. Las diferencias entre los resultados del análisis de varianza y ordenación muestran la importancia de considerar la abundancia e identidad de las especies en este tipo de investigaciones. Asimismo, ya que existe diferencia entre los datos provenientes de censos visuales y trampas, se determinó la importancia de incluir en el análisis de mariposas diurnas ambas metodologías para realizar un análisis más completo de las relaciones ecológicas bajo evaluación. En este estudio los datos provenientes de censos visuales son los que más información aportaron para definir las diferencias entre hábitats. Los resultados hacen pensar que existen otros factores que afectan la distribución de mariposas que los aquí evaluados. Esto incluye variables de la vegetación y del terreno que se encontraron correlacionadas con la diversidad de mariposas y las unidades experimentales. De acuerdo a curvas de acumulación de especies y el modelo Clench de predicción de riqueza, del total de 75 especies muestreadas, se predijeron pocas especies con aumentos considerables en el esfuerzo de muestreo. Esto significa que la muestra de este estudio es representativa del ensamble de mariposas diurnas para la época muestreada. Más allá de las diferencias obvias entre bosque y cafetal se cree, basándose en un alto porcentaje de especies de mariposas compartidas entre ambos, que el valor de los cafetales con sombra puede residir en la conservación de especies tolerantes a niveles medios de perturbación. Es necesario llevar a cabo más estudios para entender bien la relación entre los agroecosistemas de café con sombra y la diversidad de mariposas diurnas.

ABSTRACT

In recent years studies that have evaluated the value of the coffee agroecosystem in the preservation of species have gone beyond comparing shaded and unshaded coffee plantations to evaluate coffee systems with varying degrees of structural complexity and diversification of the shade. This study measured, through a combination of visual censuses and trapping, differences in butterfly species richness, abundance, heterogeneity and composition between natural forest and coffee plantations with two different systems of shade: a shade composed almost exclusively of species of *Inga*, and a more diverse shade, composed both of cultivated and native species. The purpose of this study was to evaluate the potential value of these agroecosystems in the conservation of butterfly diversity. ANOVA results showed little differentiation according to species richness, abundance and heterogeneity between the two coffee systems evaluated and forest. Nonetheless, when taking into account species composition, the ordination analysis showed differentiation between forest and coffee systems, with coffee systems grouping together showing little differentiation. The differences found show the importance of taking into account both abundance and identity of species in contraposition to species richness in similar studies. Also, due to differences found in results from visual censuses and trapping, it is important to consider both sampling methods to perform a more complete analysis of the ecological relationships under evaluation. Visual censuses provided the most detailed information to define differences between habitats in this study. Results suggest that there are factors, other than the ones considered here, which affect butterfly species distribution. This includes vegetation and field variables found here to be correlated with butterfly diversity and with the experimental units. Of the 75 butterfly species sampled, species accumulation curves and the Clench model predicted few increases with increasing sampling efforts. This means that the sample obtained here was representative of the butterfly community and sampling season. Beyond the obvious differences between forest and coffee systems it is possible, based on the high percentage of butterfly species shared between them, that the value of shaded coffee resides in the conservation of species tolerant to medium levels of perturbation. It is important to conduct more studies to fully understand the relationship between coffee agroecosystems and butterfly diversity.

I. INTRODUCCIÓN

Latinoamérica, una región de ricos y diversos recursos naturales, también es una de las regiones con mayor presión de la expansión agrícola en el mundo (Meyer y Turner 1992). En la búsqueda de un desarrollo sostenible, que combine el crecimiento económico con la conservación del ambiente, se le ha prestado cada vez mayor atención a los agroecosistemas más tradicionales, como el café con sombra (Rice y Ward 1996; Matson *et al.* 1997; Perfecto y Armbrecht 2003).

El cultivo de café bajo sombra ha sido citado como uno de los agroecosistemas con los mayores niveles de riqueza de diferentes taxa con relación a otros hábitats agrícolas, incluyendo el café al sol (Rice y Ward 1996; Moguel y Toledo 1999). Esto ha llevado a plantear su valor en la conservación de especies (Moguel y Toledo 1999; Armbrecht y Perfecto 2001; Perfecto y Armbrecht 2003), ya sea directamente o como corredor biológico, y principalmente en áreas en las que los bosques originales continuos son escasos (Perfecto y Armbrecht 2003; Perfecto y Vandermeer 2002). No obstante, este sistema agroforestal puede variar grandemente en cuanto a la composición y estructura de la vegetación planificada que lo conforma, lo cual podría determinar su valor en la conservación al influenciar la diversidad de su biota asociada (Perfecto y Snelling 1995; Matson *et al.* 1997; Moguel y Toledo 1999; Perfecto y Armbrecht 2003; Perfecto *et al.* 2003).

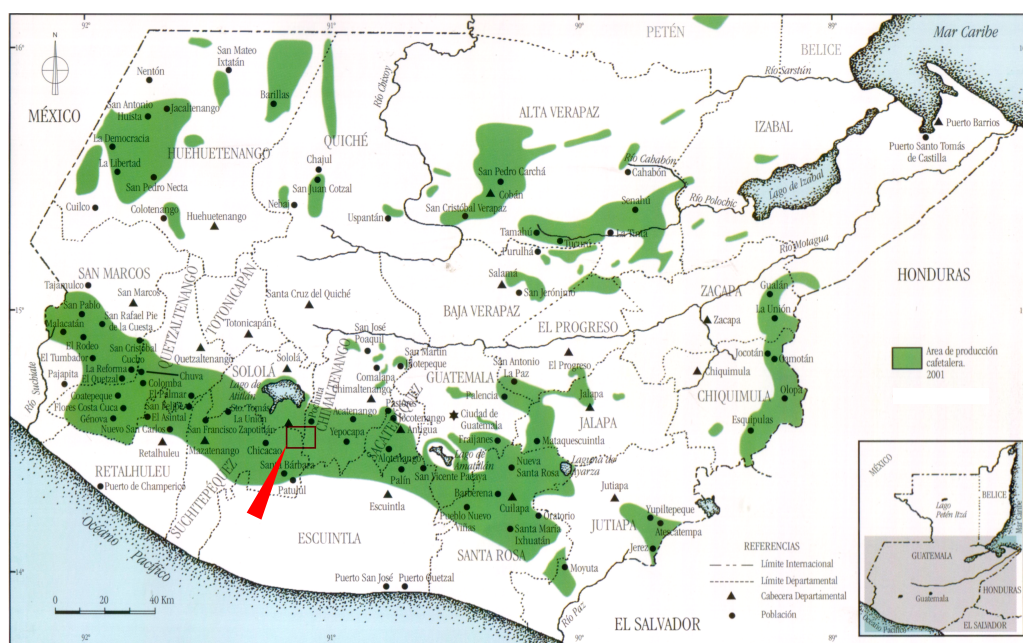
En este trabajo se busca medir las diferencias de riqueza, abundancia, heterogeneidad y composición de mariposas diurnas entre bosque natural y plantaciones de café con dos distintos sistemas de sombra: un dosel compuesto casi exclusivamente de especies de *Inga* (Mimosaceae) cultivada y un dosel de sombra más diversa, compuesto por diferentes especies. Se espera que las similitudes y diferencias entre los ensambles de mariposas brinden información que ayude a entender más el posible papel de estos agroecosistemas de café con sombra en la conservación de la diversidad de este grupo de insectos.

A. Antecedentes

1. El agroecosistema de café. Durante los últimos 150 años el cultivo del café (*Coffea arabica* L.) ha sido determinante en la historia de los países subdesarrollados que lo producen. Esto se debe a su importancia como generador de divisas, pues ocupa el segundo lugar como producto de mayor intercambio mundial luego del petróleo, y a su dependencia de gran cantidad de mano de obra y extensas áreas de cultivo (García 1995; Rice y Ward 1996; Wagner 2001). En

Guatemala esta práctica ha influido profundamente en aspectos políticos, sociales y del paisaje desde que se situó en un lugar preferencial en la economía en el último cuarto del siglo XIX (Wagner 2001). Desde entonces, la bocacosta del litoral del Pacífico, desde Santa Rosa hasta la frontera mexicana, junto con el área de la Verapaz, se perfilaron como las zonas más importantes y con mayor concentración de fincas en el país (**figura 1**) (Wagner 2001).

Figura 1. Zonas de producción de café en Guatemala en 2001 y área de estudio de mariposas diurnas



Fuente: Wagner (2001). — Área de estudio.

Hasta hace menos de diez años, el café aportaba el 12% del producto interno bruto, generaba aproximadamente 20-30% del total de divisas y ocupaba 15 mil de las aproximadamente 197 mil hectáreas de tierra cultivable del país, empleando al 12% de la población económicamente activa (García 1995). No obstante, desde el último cuarto del siglo XX, el sector cafetalero ha enfrentado dos procesos diferentes que han tenido gran influencia en la forma en la que se maneja este cultivo. Primero la tendencia hacia la tecnificación (a partir de 1970's), la cual implica, entre otros, la eliminación de la sombra y un mayor uso de agroquímicos para aumentar los rendimientos (Rice y Ward 1996; Wunderlich 2002; Perfecto y Armbrrecht 2003). En segundo lugar, la crisis a raíz de la caída dramática en los precios del grano (1997) como producto de una sobreproducción global (Rice y Ward 1996; Wagner 2001; Maza y Dardón 2002), que ha significado menos ingreso de divisas, desempleo y pobreza rural, y ha

generado abandono de cultivos y la transformación de los mismos a otro tipo de coberturas (Maza y Dardón 2002; Perfecto y Armbrrecht 2003).

En el ámbito latinoamericano, se puede decir que la estructura tradicional de una plantación de café ha sido como la de un bosque (Rice y Ward 1996), con las plantas de café conformando el sotobosque y un dosel conformado por árboles de sombra (Rice y Ward 1996; Moguel y Toledo 1999; Perfecto y Armbrrecht 2003). Este sistema protege contra la erosión del suelo, provee reaprovisionamiento constante de materia orgánica por medio de las hojas que caen al suelo (Rice y Ward 1996) y constituye un hábitat para insectos benéficos, aves y arácnidos que podrían estar actuando en el control de plagas potenciales (Armbrrecht y Perfecto 2001; Perfecto y Armbrrecht 2003).

Los conservacionistas se han enfocado cada vez más en este sistema agroforestal debido a numerosos estudios que muestran que estas plantaciones contienen altos niveles de riqueza de diferentes taxa con relación a otros hábitats agrícolas y similares a los encontrados en los bosques originales (Rice y Ward 1996; Moguel y Toledo 1999; Perfecto y Armbrrecht 2003). Debido a esto, se ha sugerido que en áreas en las que los bosques han sido altamente fragmentados o agotados el sistema agroforestal de café podría ofrecer un hábitat adecuado para la conservación, o por lo menos una matriz de calidad que ofrezca pocas barreras para la migración directa o indirecta de organismos entre fragmentos de bosque original (Perfecto y Armbrrecht 2003; Perfecto y Vandermeer 2002). Esto es importante si se considera que naturalmente, muchas de las áreas montañosas de elevaciones medias y laderas volcánicas en las que se cultiva café presentan altos niveles de diversidad y endemismo (Moguel y Toledo 1999; Perfecto y Armbrrecht 2003). Es en este ámbito que surgen las certificaciones de determinadas plantaciones de café con sombra con el fin de promover sistemas de producción considerados “amigables al ambiente” que combinan la decisión del consumidor y un incentivo económico al productor (Rice y Ward 1996; Wunderlich 2002; Perfecto y Armbrrecht 2003).

No obstante, durante los últimos años los investigadores han empezado también a prestar atención a las variaciones del agroecosistema “café con sombra”. Esto se debe a estudios que han examinado diferentes sistemas de sombra y sugieren que los cafetales podrían ser importantes para la conservación y como matriz para la migración, solamente si posee un dosel taxonómica y estructuralmente diverso (Perfecto y Snelling 1995; Greenberg, Bichier y Sterling 1997; Perfecto y Armbrrecht 2003; Perfecto *et al.* 2003). Además, se ha sugerido que la respuesta de la riqueza a cambios en la estructura de la vegetación no es la misma para diferentes taxa (Perfecto *et al.*

2003). Y es que la realidad del cultivo del café en Latinoamérica es la de una gama de prácticas (Rice y Ward 1996; Mogel y Toledo 1999). Éstas se encuentran definidas por factores como topografía, precipitación, los conocimientos de los productores de la región, la influencia de determinadas instituciones y la tendencia hacia la especialización en el proceso de producción (“tecnificación”), aunque al final cada caficultor es el que decide cómo maneja su cultivo (Rice y Ward 1996).

En toda la región, muchos caficultores cultivan para sombra, árboles fijadores de nitrógeno como *Gliricidia sepium* (Jacq.) (Fabaceae) y especies de *Inga* (Mimosaceae) y *Erythrina* (Fabaceae) (García 1995; Rice y Ward 1996). En las regiones altas, además, se pueden encontrar árboles de *Grevillea robusta* A. Cunn (Proteaceae) (García 1995). Sin embargo, también se puede encontrar que algunos productores han dejado como cobertura una sombra más diversa, ya sea cultivada o no, con diferentes proporciones de ambos y con diferentes grados de complejidad estructural (Moguel y Toledo 1999). Además de sombra, este dosel diverso puede proveer productos como madera y frutos, que pueden actuar como ingreso extra durante épocas fuera de la cosecha, eventos imprevistos o fluctuaciones del mercado. Esto puede ser especialmente importante en un cultivo como el café, el cual rinde beneficios una vez al año (Rice y Ward 1996).

De acuerdo al nivel de manejo y complejidad de la vegetación, Moguel y Toledo (1999) definieron cinco tipos generales de sistemas de producción de café en México: rústico, policultivo tradicional, policultivo comercial, monocultivo de sombra y monocultivo al sol. En el sistema rústico se conserva la cobertura boscosa original, y se remueve solamente el estrato inferior del bosque, sustituyéndolo por plantas de café. Este sistema es utilizado comúnmente por indígenas o comunidades en áreas relativamente aisladas, no utiliza agroquímicos y sus rendimientos son bajos. En el policultivo tradicional el café también es cultivado abajo de la cobertura boscosa original pero se combina con otras plantas útiles para alimentación, medicina y materia prima, tanto para la venta como para consumo propio. En el policultivo comercial se remueve completamente el bosque original y se substituye por varias especies ya sea que provean nitrógeno al suelo o posean valor comercial, tales como hule, pimienta, cedro, etc. Asimismo, junto al café se intercalan otros cultivos como banano o cítricos. Este sistema tiene un mejor rendimiento de café, utiliza agroquímicos y su producción es exclusivamente comercial. Tanto el monocultivo de sombra como el monocultivo al sol son sistemas comerciales más intensivos. En el primero la sombra la constituyen casi exclusivamente árboles de una sola especie

(generalmente *Inga*) con un sotobosque también monoespecífico. En el segundo las plantas de café se encuentran directamente al sol, por lo que se eliminan completamente los árboles. Estos sistemas son de alto rendimiento y requieren un consumo elevado de agroquímicos. En Guatemala, no existe clasificación ni registros de los sistemas para el cultivo de café utilizados en el ámbito nacional (Medina, com. pers. 2002¹).

2. Ecología e importancia de las mariposas diurnas. Las mariposas diurnas son el grupo de insectos más estudiado, así como el más conocido y apreciado entre el público en general. Es por esto, que ofrecen un gran potencial para comprender y representar la diversidad y conservación de otros insectos menos carismáticos o difíciles de observar en la naturaleza (New *et al.* 1995; DeVries *et al.* 1997; Caro y O'Doherty 1999).

Los trópicos son áreas muy ricas en cuanto a diversidad de mariposas diurnas (Collins y Morris 1985), con la región neotropical presentando 42% del total de especies del mundo (Lamas 1999). Como a muchos artrópodos, la principal amenaza a las mariposas es la destrucción del hábitat (Collins y Morris 1985; Collins y Wells 1987; New *et al.* 1995), cuya causa principal es el avance de la frontera agrícola (Collins y Morris 1985) y el cambio en el uso de la tierra (New *et al.* 1995). Esto ha puesto en riesgo la permanencia de muchas de las especies en el paisaje además de su papel como polinizadores, aunque este último sea menor con relación al de otros taxa (Kremen *et al.* 1993; Morales *et al.* 1998; Kerr 2001).

En términos generales, las mariposas diurnas adultas tropicales se pueden dividir en dos gremios alimenticios. El primero se encuentra compuesto por especies que se alimentan principalmente del néctar de las flores y lo conforman la mayor parte de especies de Papilionidae, Pieridae, Lycaenidae y Riodinidae, así como algunos grupos dentro de Nymphalidae. El otro se encuentra compuesto de especies que se alimentan principalmente de jugos fermentados (p. ej. frutos en descomposición, heces) y lo conforman especies de Nymphalidae pertenecientes a las subfamilias Charaxinae, Morphinae, Brassolinae, Satyrinae y algunos géneros de Nymphalinae (DeVries 1987; DeVries 1997).

Las especies que se alimentan de jugos fermentados generalmente son crípticas y comestibles. Estas mariposas usualmente pueden ser atraídas a trampas utilizando algún cebo fermentado. Por otro lado, la mayor parte de los visitantes de flores tienden a ser pequeños y/o

¹ Medina, B. Agosto 2002. Departamento de Desarrollo y Medio Ambiente, Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ).

difíciles de atrapar, aposemáticos (con mal sabor y coloraciones de aviso) o mímicos de especies con mal sabor. Estas mariposas únicamente pueden ser registradas al vuelo mediante censos visuales (Gilbert y Singer 1975; DeVries 1987; Sparrow *et al.* 1994; DeVries *et al.* 1997).

Al contrario de los adultos, la mayor parte de especies de mariposas en su etapa larvaria son más específicas y menos oportunistas en sus hábitos alimenticios. Usualmente se confinan a una o unas cuantas especies de plantas química y/o taxonómicamente relacionadas, generalmente con linajes particulares de mariposas asociándose a determinados linajes de plantas (Gilbert y Singer 1975; DeVries 1987). En ocasiones las larvas presentan diferente distribución que los adultos, lo cual tiene implicaciones en la conservación (Gilbert y Singer 1975).

En su calidad de artrópodos, las mariposas poseen propiedades intrínsecas que las promueven como grupo adecuado para el análisis de cambios en el ambiente (Kremen *et al.* 1993; Kremen 1994; Sparrow *et al.* 1994). Su pequeño tamaño y altas tasas metabólicas las hacen más sensibles a los efectos de la contaminación o perturbaciones del hábitat que organismos de mayor tamaño, mientras que sus altas tasas de reproducción y crecimiento de sus poblaciones les hace mostrar una respuesta más rápida al cambio (Kremen *et al.* 1993; Caro y O'Doherty 1999). Sin embargo, el uso de las mariposas diurnas como grupo focal en estudios de conservación aventaja al de otros taxa de insectos potencialmente informativos debido a su relativa facilidad de muestreo (observación y colecta), nivel manejable de diversidad, y taxonomía relativamente estable y bien conocida, lo cual facilita su estudio e identificación hasta especie (Collins y Morris 1985; Kremen 1992; Brown y Freitas 2000; Kerr, Sugar y Packer 2000).

3. Mariposas diurnas y cafetales. Hasta ahora, los estudios realizados con mariposas diurnas en cafetales son pocos. Se han enfocado en la riqueza de mariposas atraídas a trampas en cafetales del sur de México. En éstos, se observó una disminución rápida de la riqueza de las mariposas en respuesta a simplificaciones en la estructura del dosel de sombra (Mas 1999 *apud* Perfecto y Armbrecht 2003; Perfecto *et al.* 2003; Mas y Dietsch 2003; Mas y Dietsch 2004).

En el presente estudio se comparó el ensamble de mariposas diurnas entre diferentes tipos de cafetal con sombra y bosque tanto basándose en la riqueza, como a la abundancia e identidad de las especies presentes. Esto es importante ya que, aún cuando la riqueza de mariposas entre plantaciones de café con sombra y bosque sea similar, la composición puede ser diferente (Greenberg, Bichier y Sterling 1997). Además, mediante una combinación de trampeo y censos

visuales, se obtuvo información acerca de un segmento más amplio del ensamble de mariposas. Esta información podría brindar resultados diferentes a los que se obtienen analizando solamente un segmento del ensamble (Perfecto y Armbrrecht 2003).

B. Justificación

Con la predominancia de la agricultura en el paisaje, y las cada vez mayores presiones antropogénicas sobre los recursos naturales (Meyer y Turner 1992), se hace necesario evaluar todas las posibilidades para la conservación. Esto incluye formas complementarias y alternativas a las del tradicional establecimiento de áreas protegidas, pero sobre todo, formas de integrar, sobre bases científicas, la producción agrícola y la conservación como parte de una sostenibilidad a largo plazo (Rice y Ward 1996; Matson *et al.* 1997).

El cultivo del café es uno de los más importantes en Guatemala. La magnitud del área que ocupa, junto con su potencial como generador de cambios económicos y sociales han tenido, y seguirán teniendo, un impacto en el paisaje y recursos naturales del país (Wagner 2000; Maza y Dardón 2002; Perfecto y Armbrrecht 2003). Esto hace imperante que existan investigaciones destinadas a determinar si existe una relación entre las diferentes variantes de esta práctica agrícola y cambios en la diversidad y estructura de los ensamblajes bióticos locales. También para evaluar la posibilidad de que algunos de estos agroecosistemas desempeñen un papel en la conservación de la biota local (Moguel y Toledo 1999; Armbrrecht y Perfecto 2001; Perfecto y Armbrrecht 2003).

Este es de los pocos estudios, de cualquier taxón, realizados en cafetales con sombra que compara un gradiente de diversificación de sombra, además de la posible relación entre éstos y cambios en la abundancia y composición de especies. Esto se debe a que la mayor parte de estudios en cafetales comparan principalmente sistemas de café bajo sombra y sistemas al sol, no “tipos” de sombra. Asimismo, evalúan y basan sus conclusiones solamente en los valores de riqueza, sin tomar en cuenta la abundancia e identidad de las especies (Moguel y Toledo 1999; Armbrrecht y Perfecto 2001; Perfecto y Armbrrecht 2003; Perfecto *et al.* 2003). Este estudio es además el primero, del que se tiene conocimiento, que analiza una muestra que incluye, además de las mariposas atraídas a trampas, aquellas que solamente son registradas durante censos visuales (Gilbert y Singer 1975; DeVries 1987; Sparrow *et al.* 1994; DeVries *et al.* 1997). Es de esperar, que esto permita una evaluación más completa del agroecosistema de café y su sistema

de sombra y de los criterios empleados en estudios en cafetales tanto de mariposas como de otros grupos taxonómicos. A su vez, esta información podría ayudar a las organizaciones que manejan programas de certificación de café “amigable a la diversidad”, para desarrollar criterios congruentes con sus fines de conservación. En este aspecto, el carisma y potencial económico de las mariposas diurnas, las hacen un grupo ideal para integrar programas de conservación, programas de certificación, productores y público en general.

El potencial de las mariposas diurnas como indicadoras para el análisis de cambios en el hábitat y paisaje (Kremen 1992; Hill *et al.* 1995; Sparrow *et al.* 1995; Brown y Freitas 2000) e indicadores de la diversidad de otros organismos (Kremen 1994; Kerr, Sugar y Packer 2000) las promueven como un grupo potencialmente rico en información (Kremen *et al.* 1993) y sugieren su uso para este estudio. Asimismo, la alta diversidad de mariposas en los trópicos (Collins y Morris 1985; Lamas 2000) bajo amenaza por la desaparición de hábitats adecuados (Collins y Morris 1985; New *et al.* 1995) y el poco conocimiento del estatus y requerimientos específicos de muchas de las especies (Collins y Morris 1985; New *et al.* 1995), ameritan estudios enfocados a la conservación de este taxón. En Guatemala no existen trabajos actualizados que hayan sido publicados acerca de la distribución y ecología de las mariposas diurnas que cubran la bocacosta sur. De los únicos trabajos recientes, el de Austin *et al.* (1996) fue realizado en Petén y el de Austin, Méndez y Launer (2000) solamente trata con la familia HesperIIDae. Debido a lo anterior, este trabajo también contribuirá al conocimiento de la fauna local.

C. Hipótesis

1. Existe diferencia entre plantaciones de café con distintos sistemas de sombra (dosel compuesto casi exclusivamente de *Inga* y dosel de sombra mixta, más diversa) en cuanto a abundancia, riqueza, heterogeneidad y composición de mariposas diurnas.

2. La plantación de café con dosel de sombra mixta presenta mayores similitudes al bosque natural de la zona que la plantación con dosel compuesto casi exclusivamente de *Inga* en cuanto a riqueza, abundancia, heterogeneidad y composición de mariposas diurnas.

D. Objetivos

- 1. Principal.** Comparar el ensamble de mariposas diurnas de cafetales con distintos sistemas de sombra y bosque natural de la zona como una forma de evaluar la relación entre estos

agroecosistemas y variaciones en el ensamble local de mariposas y, por ende, su posible potencial en la conservación de la diversidad de mariposas.

2. Secundarios

a. Comparar el uso de los valores de riqueza y composición de especies como primer paso para evaluar sistemas de producción de café con sombra con fines de conservación.

b. Evaluar el uso de trampas y censos visuales para estudios de mariposas diurnas en cafetales.

c. Proveer registros actualizados de mariposas de la región que ayudarán al conocimiento de la fauna local.

II. MÉTODOS

A. Sitio de estudio

La región de estudio se encuentra en la bocacosta del Pacífico de Guatemala, dentro de un estrecho rango latitudinal al sureste del volcán Atitlán. Comprende el área noreste del departamento de Suchitepéquez, en las faldas del volcán Atitlán, y el área suroeste del departamento de Chimaltenango (**figuras 1 y 2**); dentro del límite sureste de la zona de amortiguamiento de la Región de Usos Múltiples de la Cuenca del Lago Atitlán. Cuenta con numerosos afluentes del río Madre Vieja, los cuales recorren su accidentada topografía, con alta susceptibilidad a la erosión, de altitudes medias comprendidas entre los 700 y 1200 m SNM aproximadamente. Es una región heterogénea dominada por latifundios formando un sistema de matrices agrícolas extensas y remanentes boscosos de diferentes tamaños, localizados principalmente en áreas accidentadas, de difícil acceso. Su temperatura y precipitación promedio anuales son de 22°C y 2,600 mm respectivamente (INSIVUMEH 2000; de acuerdo a estación localizada en finca Los Trrales).

El estudio se llevó a cabo en fincas de café situadas a ambos lados del río Madre Vieja. Del lado oeste, accedendo por la Ruta Nacional 11 hacia San Lucas Tolimán, la finca Los Trrales; del lado este, accedendo por la Ruta Nacional 11 y luego en Patulul hacia la derecha por la Ruta Departamental 10 hacia Pochuta, las fincas vecinas El Retiro, y Chipacay (**figura 2**). Las fincas del lado este se dedican a la producción de café orgánico certificado, mientras que Trrales no cuenta con una certificación, pero no ha tenido aplicación de pesticidas sintéticos por un mínimo de 3 años anteriores al estudio, tiempo tomado como límite para considerar las cosechas orgánicas (y optar a una certificación) (López y Mendoza 1999).

En estas fincas se pueden diferenciar dos principales sistemas para proveer sombra a las plantas de café. En el primero, la sombra la provee un dosel constituido mayoritariamente por especies de *Inga* (“monocultivo de sombra”). En el segundo, el dosel se encuentra conformado tanto por *Inga* como por otros árboles, ya sean remanentes de la cobertura boscosa original, de emergencia natural o cultivados (“policultivo comercial”). El área también cuenta con remanentes boscosos, que en las fincas El Retiro y Trrales figuran como Reserva Natural Privada (**figuras 3-6**).

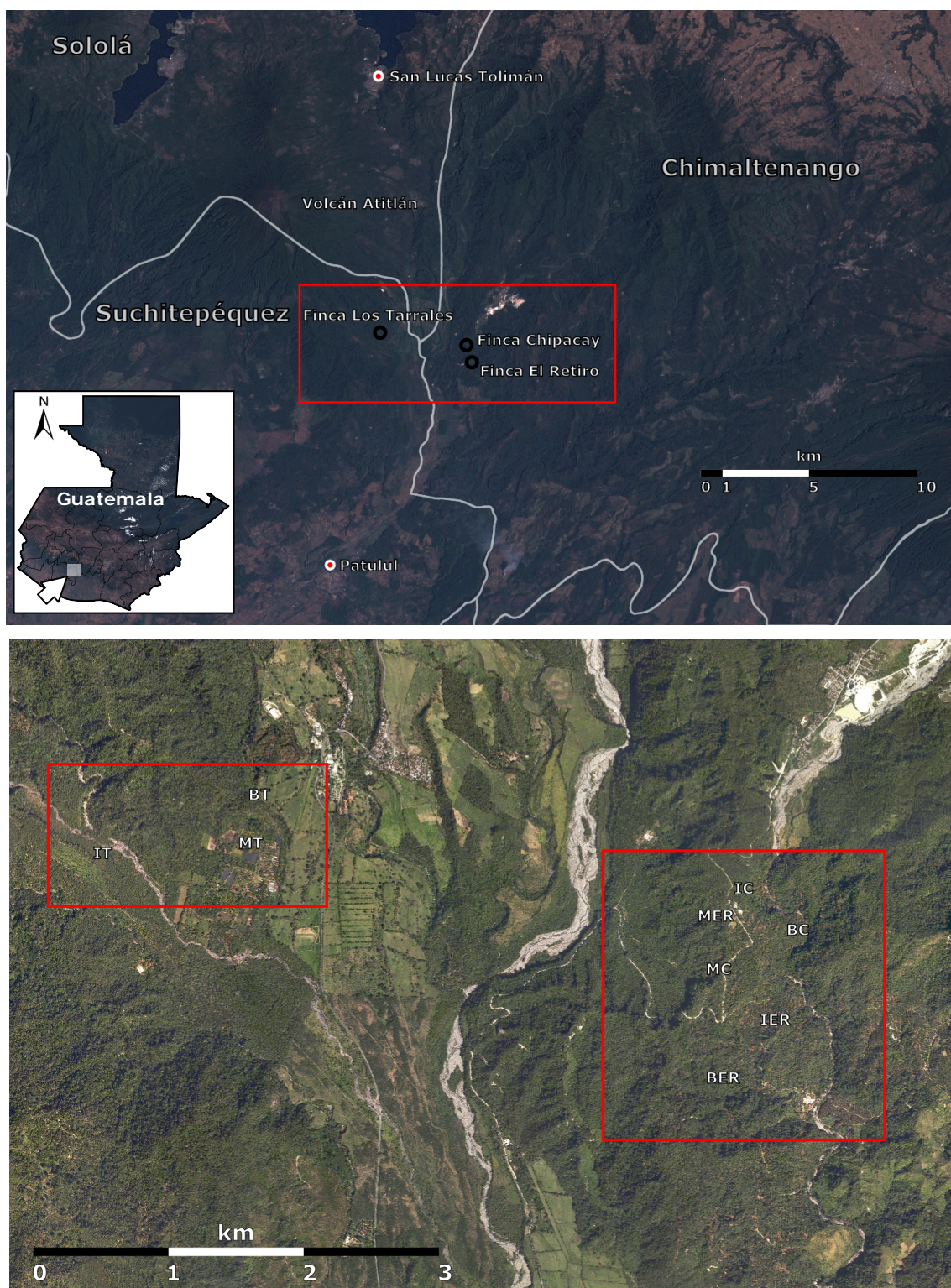
B. Diseño experimental

Se establecieron tres tratamientos: café con sombra de *Inga* (“sombra de *Inga*”), café con sombra mixta (“sombra mixta”) y bosque secundario natural. La comparación entre bosque natural y el resto de hábitats es importante para establecer un punto de partida que permita comparar el grado de perturbación (Kremen 1992; Sparrow *et al.* 1994). Para cada tratamiento, se establecieron tres réplicas, lo que significa un total de 9 unidades experimentales dispuestas en tres bloques intercalados (**figura 7**), cada uno en una finca diferente. El propósito de agrupar las unidades en bloques fue acomodar la heterogeneidad ambiental e incrementar el poder estadístico (Hurlbert 1982; Potvin 1993).

A cada bloque se le asignó el nombre de la finca en la que se estableció (El Retiro, Chipacay, Tarrales), y a cada unidad de muestreo se le asignó un código tomando como base el hábitat y el nombre del bloque (I=cafetal con sombra de *Inga*, M=cafetal con sombra mixta, B=bosque; ER=El Retiro, C=Chipacay, T=Tarrales). La plantación de sombra mixta del bloque El Retiro (MER) se encuentra un poco más cercana a las unidades de sombra de *Inga* y sombra mixta del bloque Chipacay (BC y IC respectivamente) que la plantación de sombra mixta asignada a este bloque (MC) (**figura 8**). Esto se debe a que el bloque Chipacay se estableció y se muestreó (aunque como ensayo) antes que el de El Retiro, por lo que luego no se quiso cambiar y MER fue asignada después. Debe mencionarse que, aunque diagramáticamente MER y MC se encuentren una junto a la otra, son unidades independientes.

Para los tratamientos “sombra de *Inga*” se estableció una dominancia mínima de árboles de este género del 75%, mientras que los valores por debajo de este porcentaje se asignaron a los tratamientos de “sombra mixta” al representar el gradiente de diversificación del dosel (**cuadro 1**). Los cálculos de la presencia porcentual de *Inga* en el dosel se basaron en caracterizaciones hechas a la vegetación de cada unidad de muestreo en un transecto de 10 x 100 m (0.1 ha) como se describe más adelante.

Figura 2. Localización de las diferentes fincas (b.) y región de muestreo (a.)



Fuente: Ortofotos obtenidas del servidor de datos geográficos de SINIT, <http://ide.segeplan.gob.gt>. Datos originales de MAGA, 2006 A. I= cafetal con sombra de *Inga*; M= cafetal con sombra mixta; B= bosque; ER= El Retiro; C= Chipacay; T= Los Tarrales

Figura 3. Plantación de café con sombra de *Inga* en Pochuta, Chimaltenango.



Fotografía: M.L. Müller

Figura 4. Plantación de café con dosel de sombra mixta en Pochuta, Chimaltenango.



Fotografía: M.L. Müller

Figura 5. Vista de bosque natural en Patulul, Suchitepéquez.



Fotografía: M.L. Müller

Figura 6. Vista panorámica de plantaciones de café con sombra de *Inga* (a.) y sombra mixta (b.).



Fotografías: M.L. Müller

Se realizaron 3 mediciones diferentes de mariposas diurnas sobre cada una de las unidades experimentales, para un total de 9 días de muestreo divididos en bloques de 3 días. El trabajo de campo se realizó entre octubre y los primeros días de noviembre 2003, durante la época lluviosa. El muestreo se realizó durante esta época para maximizar la obtención de datos (Sparrow *et al.* 1994), ya que durante la misma generalmente en la vertiente del Pacífico se observa un aumento en la diversidad de mariposas diurnas (DeVries y Walla no publicado *apud* DeVries *et al.* 1997; Austin *et al.* 1996).

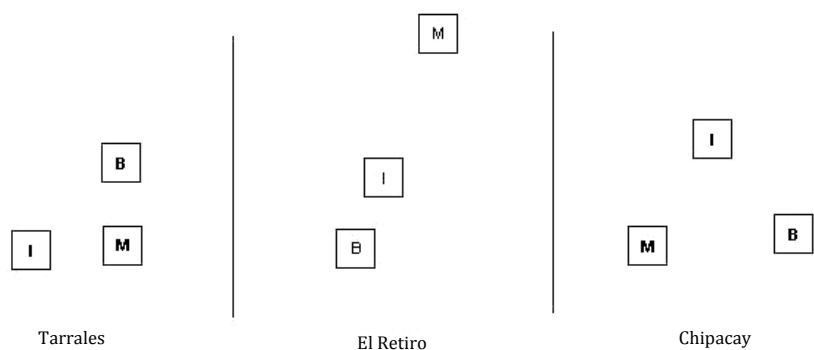
Los muestreos de los diferentes tratamientos dentro de un mismo bloque fueron realizados en un mismo día y las repeticiones de los tratamientos se llevaron a cabo en los días consecutivos con buen clima. Tanto la secuencia de muestreo de los tratamientos dentro de un mismo bloque, como la de los diferentes bloques fue elegida al azar, sin reemplazo para los siguientes muestreos (**figura 8**). Ya que se realizaron tanto censos visuales como trampeo, se varió la secuencia de muestreo de los diferentes tratamientos en los bloques para compensar las diferencias en actividad de vuelo de las especies de mariposas a lo largo del día (DeVries 1987; Méndez, com. pers. 2003²) y evitar que esto generara sesgos en los resultados. Debido a esto, de las tres veces que cada unidad experimental fue muestreada, una vez fue al inicio, otra a la mitad y otra al final de día. No se llevó a cabo el muestreo con un clima nublado o lluvioso debido a que la actividad de mariposas es muy poca o nula en estas condiciones.

Todos los muestreos fueron llevados a cabo por un solo investigador. Con este procedimiento, aunque no se pueda descartar posibles variaciones en el tiempo que introduzcan

² Méndez, C. Agosto 2003. Jefe del Departamento de Ecología, Escuela de Biología, Universidad San Carlos de Guatemala.

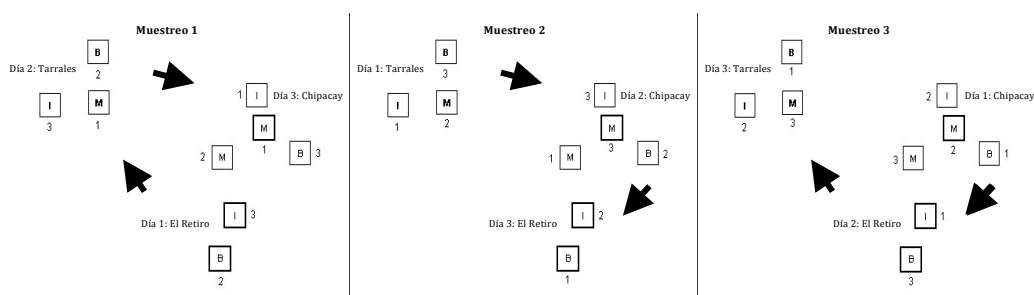
sesgos, sí se evitan los sesgos producidos por diferencias en la experiencia y subjetividad implícitas en utilizar diferentes investigadores (Sparrow *et al.* 1994; DeVries 1987).

Figura 7. Diagrama idealizado de la distribución de los tratamientos por bloque.



I=cafetal con sombra de *Inga*; M=cafetal con sombra mixta; B=bosque. A cada bloque se le asignó el nombre de la finca en la que se estableció (El Retiro, Chipacay, Tarrales)

Figura 8. Secuencias de muestreo por bloque.



I=cafetal con sombra de *Inga*; M=cafetal con sombra mixta; B=bosque. Los bloques fueron muestreados en días diferentes y los tratamientos dentro de un mismo bloque fueron muestreados a lo largo de un mismo día por un solo investigador. En total cada unidad experimental fue muestreada 3 veces.

C. Vegetación y variables del terreno

1. Caracterización. Con el fin de conocer la estructura general de cada hábitat bajo evaluación, en cada una de las 9 unidades experimentales se estableció al azar un transecto de 10 x 100 m (0.1 ha) (**cuadro 1**; **apéndice 1**). Dentro de este transecto se hizo un inventario de árboles, con el cual se calculó la riqueza, abundancia (n) y densidad de los árboles con un mínimo de 10 cm de diámetro. Con fines descriptivos, para todos los árboles del transecto se tomó la

altura, circunferencia (reportada como diámetro a la altura del pecho –DAP-) y diámetro de copa, con los cuales se calcularon promedios por especie. En la plantación de sombra mixta de El Retiro (MER), se estableció un subtransecto de 10 x 50 m para tomar los datos de las plantas de banano (*Musa sapientum* L.) debido a que eran muy numerosas (**apéndice 2**).

Para cada unidad experimental se calculó la dominancia (%) de *Inga* con relación a otras especies forestales así como la abundancia, riqueza y densidad totales. Para concentrarse en las especies forestales propiamente destinadas a proveer sombra y simplificar el análisis, se decidió dejar fuera de estos cálculos a las plantas de banano e izote (*Yucca elephantipes* Regel.). No fue posible identificar todos los árboles presentes en los sitios de muestreo debido a que no se encontraban en floración. En varios casos fue posible determinar la familia pero en el resto se trabajó con morfoespecies.

Dentro de cada transecto también se tomaron las medidas de densidad del dosel, densidad del sotobosque y pendiente del terreno. Para calcular la densidad del dosel se utilizó un densitómetro esférico modelo C con el cual primero se determinó el porcentaje de apertura del dosel y luego se multiplicó el complemento de este dato por 1.04. Para calcular la apertura del dosel se hicieron cuatro lecturas (mirando al norte, sur, este y oeste) en 10 puntos equidistantes (cada 10 m) a lo largo del transecto. Como lectura final para cada uno de los puntos, se tomó el promedio de las cuatro lecturas realizadas en él, y como la lectura final para el hábitat se calculó el promedio de las 10 lecturas realizadas en el transecto (Lemmon 1957) (**apéndice 3**).

La densidad del sotobosque se obtuvo al contar el número de veces que una vara de 2 m de largo tocó vegetación viva (si/no) al ser colocada verticalmente en el suelo cada 5m (20 puntos) a ambos lados del transecto (Pearman 1997). Se calculó un promedio entre el dato obtenido del lado derecho y el lado izquierdo del transecto asumiendo que, para cada lado, 20 contactos representaban 100% de cobertura y ningún contacto 0% de cobertura. La pendiente se calculó como el promedio de tres lecturas tomadas con un hipsómetro en el punto medio y extremos de cada transecto. Como excepción, en la plantación de sombra mixta de Tarrales (MT) se tomaron solamente 2 mediciones de la pendiente y se calculó el promedio de éstas. Debido a la gran variabilidad que existía en el terreno, la pendiente no puede tomarse como un dato final. Sin embargo, se considera que este dato es útil con fines comparativos al reflejar tendencias en las unidades experimentales (**apéndice 4**). Por último, la altitud de cada unidad de muestreo se tomó como el promedio de 10 lecturas tomadas en cada una de las estaciones del trampeo y el dato

reportado para las coordenadas UTM fue tomado a la entrada de la parcela donde se encontraba cada unidad experimental.

2. Correlaciones y comparaciones estadísticas. Con el fin de entender mejor la relación entre las diferentes variables de vegetación y del terreno, se buscó la presencia de correlación lineal mediante un análisis de correlación bivariado utilizando el programa SPSS 9.0. En éste, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (R) para cada par de variables y su valor de significancia con 95% de confiabilidad. R fluctúa entre -1 (correlación negativa perfecta) y $+1$ (correlación positiva perfecta), con 0 indicando que no hay relación. Un valor de significancia <0.05 indica que la correlación es estadísticamente significativa. Debe decirse que dos variables pueden estar correlacionadas pero si esta relación no es lineal, no puede medirse usando el estadístico de Pearson (SPSS, Inc. 1999).

Para determinar si los diferentes hábitats son estadísticamente diferentes de acuerdo a las variables de vegetación y del terreno se llevó a cabo un análisis de varianza multivariado (Modelo General Linear Multivariado en SPSS 9.0), con el hábitat (sombra de *Inga*, sombra mixta, bosque) como variables fijas y los datos de vegetación y del terreno como las variables dependientes. Cuando, mediante la prueba de significancia (Pillai's trace) se determinó que existe diferencia entre las medias de los hábitats, se utilizó la prueba *post hoc* de Tukey (diferencia honestamente significativa) para determinar cuales medias diferían entre sí.

Tanto el análisis de Pearson, como el análisis de varianza multivariado asumen que los datos se encuentran normalmente distribuidos. Para cada conjunto de datos la hipótesis de que los datos no se desvían de la normalidad se evaluó mediante la prueba Shapiro-Wilk en SPSS 9.0. En esta prueba, un valor de significancia >0.05 indica que los datos se encuentran normalmente distribuidos. Este estadístico es utilizado principalmente cuando se tienen menos de 50 casos. En el análisis de varianza, cuando no se cumplió con el supuesto se realizó una transformación logarítmica natural (\ln) a los datos y el análisis de varianza se hizo con las variables transformadas. Para el caso de las correlaciones, se aplicó la transformación $\ln(x+1)$ a todas las variables (SPSS Inc. 1999).

Cuadro 1. Características generales de las unidades experimentales por bloque.

Variable	Unidad experimental								
	Cafetal sombra <i>Inga</i>			Cafetal sombra mixta			Bosque		
	IER	IC	IT	MER	MC	MT	BER	BC	BT
Coordenadas UTM	15P 0704578 1605287	15P 0704401 1606294	15P 0699250 1606511	15P 0704296 1606138	15P 0704226 1605756	15P 0700341 1606626	15P 0704421 1604850	15P 0704749 1606035	15P 0700461 1607008
Altitud (m SNM)	739	882	921	885	807	805	755	831	941
Pendiente (°)	18.0	7.9	7.7	9.6	25.6	5	33.11	25.54	15.07
% <i>Inga</i>	95	91	79	67	20	44	0	0	0
n	22	32	28	15	20	25	69	80	63
Riqueza	2	2	5	3	6	6	17	19	14
Heterogeneidad (H')	0.1849	0.31111	0.8045	0.8033	1.6385	1.3875	2.0154	2.3595	2.3530
DAP promedio	24.2	25.6	27.8	57	34.9	34.4	23.1	24.8	20.9
Altura promedio	8.5	6.7	6.3	8.9	10.2	8.7	9.8	11.1	9.5
Diámetro copa promedio	5.9	4.3	5.3	5.4	7.6	6.0	5.2	5.3	4.7
Densidad (n/100 m ²)	2	3	3	1	2	2	7	8	6
Densidad dosel (%)	65.4	64.4	70.1	67.4	68.2	59.7	76.4	77.7	77.1
D. sotobosque (%)	57.5	57.5	50.0	47.5	60.0	50	57.5	67.5	52.5
Banano	+	++	-	+++	++	-	-	-	-
	(13)	(31)	(0)	(108)	(35)	(0)	(0)	(0)	(0)
Izote	+	+	+	-	-	+	-	-	-
	(4)	(1)	(4)	(0)	(0)	(1)	(0)	(0)	(0)

I= cafetal con sombra de *Inga*; M= cafetal con sombra mixta; B= bosque; ER= El Retiro; C= Chipacay; T= Tarrales; CHIM= Pochuta, Chimaltenango; SUCH= Patulul, Suchitepéquez; n= abundancia de árboles de sombra; H'= índice de Shannon-Weaver; DAP= diámetro a la altura del pecho; - ausente; + presente en bajas densidades; ++ presente en densidades medias; +++ presente en altas densidades. El número dentro del paréntesis representa la abundancia. Abundancia, riqueza y % de *Inga* sin tomar en cuenta banano ni izote. Todos los datos, con excepción de las coordenadas UTM y altitud fueron tomados en un transecto de 10x100 m realizado en cada unidad experimental.

D. Muestreo de mariposas

El muestreo de mariposas se hizo mediante una combinación de métodos visuales y de colecta: identificación de las especies al vuelo y trampeo con cebo de banano fermentado. El trampeo y la identificación visual son métodos complementarios, pues registran en su mayor parte grupos diferentes de mariposas, por hábitos alimenticios y comportamiento. Solamente una

pequeña fracción de la fauna total coincide en ser registrada por ambos métodos (Kremen 1994; Sparrow *et al.* 1994).

Los censos visuales pueden registrar grandes números de especies en poco tiempo, pero son dependientes de la experiencia del investigador (Sparrow *et al.* 1994; DeVries 1997). Por otro lado, con las trampas se obtienen menos especies y existe la posibilidad de que algunas especies de mariposas se vean más atraídas a las trampas, o sean más susceptibles a quedar atrapadas que otras (DeVries 1997).

En el muestreo se tomaron en cuenta todos los individuos de las familias de mariposas diurnas (Lepidoptera: Papilionoidea) a excepción de los pertenecientes a las familias Hesperidae, Riodinidae y Lycaenidae debido a la dificultad de captura e identificación al vuelo que presentan (Kremen 1992; Sparrow *et al.* 1994; Brown y Freitas 2000). Tampoco se tomaron en cuenta los miembros de la subfamilia Ithomiinae (fam. Nymphalidae) con excepción de las especies *Dircenna klugii*, *Mechanitis polymnia* ssp., *M. lysimnia* ssp., *M. menapis* ssp., *Melinae ethra* ssp. y *Tithorea tarricina* ssp., que se pudieron identificar con relativa confiabilidad en el campo.

Debido a que no se pueden diferenciar correctamente al vuelo, los pares de especies *Papilio cresphontes* y *P. thoas* ssp.; *Phoebis argante* y *P. agarithe*; *Taygetis andromeda* y *Taygetis* sp. afín a *salvini* se reportaron y analizaron unidos. Las hembras de las diferentes especies de *Parides* y *Phoebis* tampoco pueden identificarse correctamente al vuelo, por lo que se reportaron y analizaron por separado de los machos. De las especies anteriores, solamente las de *Taygetis* podrían ser atraídas a trampas. Sin embargo, este par de especies en particular solamente fue observado al vuelo.

Durante el muestreo, se registró una explosión poblacional de la mariposa *Smyrna blomfieldia* ssp. Fabricius 1781 evidenciada por densidades extremadamente altas de esta especie en todos los hábitats de determinadas fechas con relación al resto de fechas de muestreo. Estas explosiones ya han sido observadas por DeVries (1987) quien sugiere que se deben a migraciones en masa. Debido a esto y a la probabilidad de que durante este período una especie se observe en lugares en los que normalmente no se encuentra (Méndez, com. pers. 2003²), se excluyó los registros de esta mariposa de los datos finales para evitar introducir sesgos en los resultados.

Los ejemplares colectados, incluyendo ejemplares testigo para la mayor parte de especies de mariposas diurnas registradas, se colocaron en sobres entomológicos para mariposas con todos

los datos pertinentes escritos en ellos. Los especímenes montados se depositaron en el Laboratorio de Entomología Sistemática de la Universidad del Valle de Guatemala.

Debido a la falta de literatura específica para la región de estudio, todas las identificaciones se realizaron conservadoramente hasta especie, y no hasta subespecie (en los casos en los que se han descrito subespecies). Se tomó como referencia principal a DeVries (1987) y complementariamente a De la Maza (1987), pero la nomenclatura seguida para citar las especies fue la de Beccaloni *et al.* (2003).

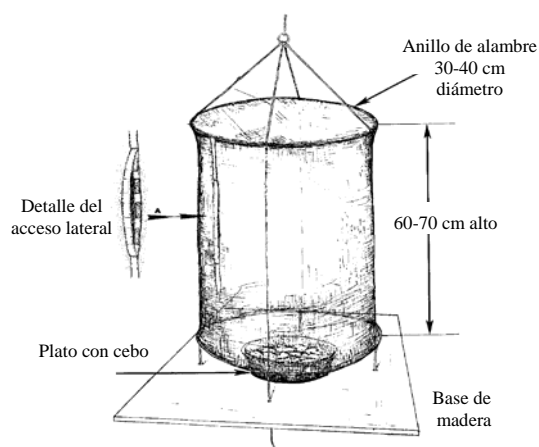
1. Trampeo. En cada unidad experimental se colocaron 10 trampas de tubo Van Someren Rydon (**figura 9**). Estas se colocaron con 50 m de separación una de la otra, a lo largo de un transecto de 450 m. Los transectos se dispusieron, en medida de lo posible, lejos de los bordes para tratar de medir el uso que las mariposas hacían del hábitat y no de las áreas cercanas. En todos los hábitats, las trampas se colgaron de la rama de un árbol de modo que quedaran a aproximadamente 3-4 metros de altura. Debido a que en este estudio se muestrearon tanto hábitats agrícolas como bosque natural, se considera que el uso de esta altura media es adecuada con fines de comparación entre los diferentes hábitats. Aunque se ha determinado la importancia de muestrear tanto el sotobosque como el dosel para evaluar la diversidad de mariposas, también se ha notado que en hábitats perturbados esta estratificación se pierde causando una mezcla de especies (DeVries no publicado *apud* DeVries 1987; DeVries *et al.* 1997).

Las trampas se colocaron y se retiraron entre dos personas, dejándose desde las 7:00 hasta las 14:00 hrs. Cada trampa fue revisada tres veces: dos veces en el transcurso del día y una al momento de ser retirada. En cada revisión, se tomó nota de la especie y abundancia de las mariposas que se encontraron adentro. Se colectaron todas las mariposas que no se pudieron identificar inmediatamente y se liberó el resto.

2. Censos visuales. Empezando a las 9:00 hrs., se realizaron censos de 7 minutos en un radio de 20 m alrededor de cada una de las trampas. En éstos se trató de identificar al vuelo (en algunos casos con la ayuda de binoculares) la mayor cantidad de mariposas posible de acuerdo a coloración y comportamiento. Los individuos que no se pudieron identificar inmediatamente fueron capturados con una red entomológica. Tomando en cuenta el tiempo que tomaba movilizarse entre estaciones y unidades de muestreo, los censos en la segunda unidad de muestreo empezaban a las 10:30 y en la tercera a las 12:30 hrs. aproximadamente.

Para cada censo se anotaron las especies y abundancias observadas, así como el método de muestreo utilizado para obtener cada dato (vista/red) (**apéndice 5**). Previo a la identificación visual fue necesario un entrenamiento *in situ*, así como el muestreo y montaje anticipados de individuos para formar una colección de referencia.

Figura 9. Esquema de trampa Van Someren Rydon para mariposas diurnas.



Fuente: modificado de DeVries (1987)

E. Análisis de datos

1. Curvas de acumulación de especies. Se graficaron curvas de acumulación de especies para determinar si los diferentes ensambles de mariposas fueron muestreados con suficiente intensidad, y por ende, el tamaño de las muestras era representativo del ensamble de mariposas. Para esto se graficaron separadamente los datos totales del estudio y de cada hábitat (tratamiento), con los valores acumulados y aleatorizados 100 veces, de la riqueza de especies (eje y) para diferentes esfuerzos de muestreo (eje x). En las curvas de acumulación de especies, luego de un esperado crecimiento acelerado al principio del muestreo debido a la gran cantidad de especies nuevas encontrada, una asíntota indica que se ha muestreado la mayor parte de especies y que la cantidad de especies nuevas a encontrar sería muy poca con relación a un mayor esfuerzo de muestreo (Smith 1980).

Para cada curva de acumulación de especies, se utilizó el modelo de regresión no lineal Clench para estimar los valores de riqueza que se podrían obtener con mayores esfuerzos hipotéticos de muestreo de hasta 2x y 4x el esfuerzo real. Esto corresponde a 54 y 108 muestras para los datos totales respectivamente, así como a 18 y 36 muestras para los datos por hábitat.

Para los datos por hábitat también se calculó la riqueza que se podría obtener con hasta 100 muestras. El modelo Clench se escogió luego de probar otros modelos paramétricos (modelos de dependencia lineal von Bertalanffy, logarítmico y Clench modificado) y no paramétricos (Chao 1, Chao 2, Jacknife 1, Jacknife 2, Bootstrap, ACE e ICE) porque era el que mejor se ajustaba a las curvas de los datos reales. Todos los cálculos y gráficas se realizaron utilizando el programa SPSS 9.0 (SPSS, Inc. 1999).

Es importante notar que las curvas de acumulación de especies, y principalmente las estimaciones de riqueza mediante regresión, solamente son un reflejo de la época y grupos de muestreo, y no se pueden tomar como valores finales para los hábitats muestreados.

2. Abundancia y diversidad. Para cada unidad muestral, por fecha de muestreo se determinó la abundancia y riqueza totales, así como la heterogeneidad de mariposas diurnas. Tanto la riqueza como la heterogeneidad son consideradas medidas de diversidad (Peet 1974).

Como medida de la heterogeneidad se utilizó el índice de Shannon-Weaver (H'). Este índice combina la riqueza de especies y la distribución de individuos entre especies (equitatividad) (Peet 1974). H' se calculó con el programa Spdivers.bas para MS-DOS (Ludwig y Reynolds 1988).

3. Comparaciones estadísticas. Los datos de abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas diurnas se utilizaron para realizar comparaciones estadísticas entre tratamientos y fechas de muestreo con el programa SPSS 9.0 (SPSS Inc. 1999). Para esto se realizó un análisis de medidas repetidas univariado de parcela dividida (Medidas Repetidas: Modelo General Linear Univariado en SPSS 9.0), con el tiempo (fecha 1, 2 y 3) como el factor intra-sujetos y el hábitat (*Inga*, *Mixta*, *Bosque*) como el factor entre-sujetos. Este tipo de análisis de varianza es adecuado cuando se hacen varias mediciones a lo largo del tiempo en un mismo grupo de muestras sujetas a diferentes tratamientos ya que toma en cuenta cierta correlación entre fechas de muestreo (Von Ende 1993; SPSS Inc. 1999).

Un supuesto básico para el análisis de medidas repetidas univariado es que los niveles del factor intra-sujetos reúnen el supuesto de circularidad. Este supuesto se evaluó mediante la prueba de esfericidad de Mauchly, ya que la esfericidad asegura la circularidad. En SPSS la prueba de Mauchly evalúa la hipótesis nula de que los datos no se desvían de la esfericidad, por lo que valores de significancia >0.05 indican que se cumple con el supuesto. La circularidad es suficiente para asegurar la validez del estadístico F (Von Ende 1993; SPSS Inc. 1999).

Por otro lado, la homogeneidad de varianzas se evaluó mediante la prueba de Levene. Al igual que con la prueba de Mauchly, valores de significancia >0.05 indican que el supuesto está satisfecho. En los casos en los que no se cumplió con el supuesto, se realizó una transformación logarítmica natural (\ln) a los datos y el análisis de varianza se realizó luego con las variables transformadas (SPSS Inc. 1999).

Para el efecto intra-sujetos, las hipótesis nulas (H_0) evaluadas fueron:

H_0 : No hay efecto del tiempo en la abundancia /riqueza /heterogeneidad de mariposas diurnas de los hábitats.

H_0 : No hay interacción entre el tiempo y el hábitat sobre la abundancia /riqueza /heterogeneidad de mariposas diurnas de los hábitats.

Y para el efecto entre-sujetos:

H_0 : No existe diferencia en la abundancia /riqueza /heterogeneidad de mariposas diurnas entre los diferentes hábitats.

Estas hipótesis nulas se evaluaron con un nivel de confiabilidad del 95% ($\alpha=0.05$), por lo que los efectos con un valor de significancia <0.05 fueron estadísticamente significativos (es decir, se rechazó H_0). Cuando, mediante la prueba F se determinó que existe diferencia entre las medias de los factores entre-sujetos, se utilizó la prueba *post hoc* de Tukey (diferencia honestamente significativa) para evaluar cuales medias diferían entre sí.

Las comparaciones estadísticas se llevaron a cabo utilizando tanto los datos provenientes de trampas y censos visuales separadamente como los datos combinados (“totales”). Para cada conjunto de datos se evaluó la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk en SPSS 9.0. Shapiro-Wilk evalúa la hipótesis de que la muestra proviene de una población normal, por lo que un valor de significancia >0.05 indica que los datos se encuentran normalmente distribuidos (SPSS, Inc. 1999).

4. Análisis de ordenación. Con los datos cuantitativos de mariposas por unidad experimental se realizó un análisis de correspondencia rectificado (ACR) con el programa PC-ORD v. 4.25 (McCune y Mefford 1999) para los datos totales, los provenientes de trampas y los de censos visuales. En su calidad de análisis de ordenación, ACR es una herramienta exploratoria que permite observar en una representación gráfica simplificada, las relaciones de correlación

más fuertes entre las unidades experimentales de acuerdo a su composición de especies, expresando relaciones multidimensionales en unas pocas dimensiones. Como resultado, puede evaluarse patrones o tendencias en los datos teniendo en cuenta que los objetos cercanos en el espacio de ordenación generalmente son más similares que los distantes, aunque, en ACR, la distancia no represente “cantidad” de cambio en un sentido mensurable. Como característica especial, ACR corrige el efecto de arco producido por otros métodos de ordenación que distorsiona la relación entre unidades de muestreo (McCune y Mefford 1999).

En el análisis de ordenación se observaron tanto las correlaciones entre las unidades de muestreo como las correlaciones por especie de mariposa relativas a éstas. Dentro de cada gráfica de ordenación se incluyó una representación de las principales variables de vegetación y del terreno en forma de “vectores” irradiando del centroide del diagrama. De esta forma es posible visualizar al mismo tiempo las relaciones entre estas variables con los resultados de la ordenación. El ángulo y largo de la línea dicen la dirección y fuerza de la relación. La escala relativa de los vectores es calculada a partir de la correlación entre la variable y los ejes de ordenación, sin embargo, la escala absoluta es arbitraria con relación a la dispersión de las unidades muestrales en el diagrama. De acuerdo a los criterios predeterminados del programa, solamente se graficaron las variables con r^2 mayor a 0.2 (para una variable dada, el vector forma la hipotenusa de un triángulo rectángulo, siendo r el valor de cualquiera de los otros dos lados entre la variable y los ejes) (McCune y Mefford 1999). Para facilitar el análisis, la densidad de árboles ($n/100 \text{ m}^2$) no fue incluida por derivarse directamente del valor de abundancia de árboles.

III. RESULTADOS

A. Análisis de vegetación y variables del terreno

1. Correlaciones. El análisis de correlación entre las variables (**cuadro 2**) muestra que, en los sitios de muestreo, a medida que la riqueza de árboles aumenta, también aumenta su abundancia (y por lo tanto la densidad), y el dosel es más denso (coeficientes de correlación de .836, .833 y .782 respectivamente). Como era de esperarse, la riqueza de árboles muestra también una correlación alta con la heterogeneidad (.943) y se encuentra negativamente correlacionada (-.948) con el porcentaje de árboles de *Inga* presentes en los sitios de muestreo. También se observa una correlación menor de la riqueza con la altura promedio de los árboles (.650, aunque estadísticamente esta correlación no es significativa).

A medida que aumenta el porcentaje de árboles de *Inga* en los sitios de muestreo la heterogeneidad y riqueza disminuyen. También disminuyen la altura promedio y abundancia de árboles, así como la densidad del dosel (correlaciones negativas de -.963; -.948 -.793; -.738; -.732 respectivamente).

Del resto de variables estudiadas puede observarse que la pendiente del terreno muestra correlación con la altura promedio de los árboles y las densidades del dosel y sotobosque (correlaciones de .703; .702; y .709 respectivamente), pero también se correlaciona en menor magnitud (estadísticamente no significativo) con la riqueza y densidad de árboles (.548; .537) e inversamente con el porcentaje de árboles de *Inga* (-.637). Otras variables estudiadas, el diámetro promedio de la copa de los árboles del dosel y la altitud (m SNM) no presentan correlaciones lineales significativas con alguna otra variable.

2. Comparaciones estadísticas. El análisis de varianza (**cuadro 3; apéndice 6**) muestra que existe diferencia significativa entre los hábitats de acuerdo a riqueza (significancia de .000), abundancia (.000), densidad (.000) y heterogeneidad (.002) de árboles de sombra, altura (.023) y diámetro (DAP) (.016) promedios de los mismos, porcentaje de cobertura del dosel (.008) y porcentaje de árboles de *Inga* (.001). Los datos de DAP fueron transformados (*ln*) para que cumplieran con el supuesto de normalidad. No se encontró diferencia significativa entre los hábitats de acuerdo a pendiente del terreno, altitud (m SNM), porcentaje de cobertura del sotobosque y diámetro de copa promedio de los árboles del dosel.

De acuerdo al análisis *post-hoc* de Tukey existe diferencia significativa de la heterogeneidad de árboles de sombra y el porcentaje de árboles de *Inga* del total entre todos los hábitats. El bosque natural se muestra significativamente diferente de los dos tipos de hábitats agrícolas estudiados de acuerdo a riqueza y abundancia de árboles de sombra y densidad del dosel, pero no hubo diferencia significativa entre los cafetales para estas variables. El bosque natural también fue significativamente diferente del cafetal con sombra de *Inga* de acuerdo a densidad y altura promedio de árboles de sombra. No obstante, el cafetal con sombra mixta no fue significativamente diferente del otro tipo de cafetal ni del bosque natural de acuerdo a estas variables.

Cuadro 2. Correlaciones (Pearson) entre variables de vegetación y del terreno.

Coefficiente de Pearson /Significancia	Riqueza	Abundancia	Densidad árboles	% <i>Inga</i>	Heterogeneidad	Densidad dosel	Densidad sotobosque	DAP promedio	Altura promedio	Diámetro copa promedio	Pendiente	Altitud
Riqueza	1.000											
Abundancia	.836**	1.000										
Densidad árboles	.833**	.992**	1.000									
% <i>Inga</i>	-	-.738*	-.731*	1.000								
Heterogeneidad	.943**	.653	.643	-.963**	1.000							
Densidad dosel	.782*	.775*	.804**	-.732*	.655	1.000						
Densidad sotobosque	.372	.526	.568	-.413	.253	.409	1.000					
DAP promedio	-.409	-.746*	-.773*	.318	-.185	-.460	-.502	1.000				
Altura promedio	.650	.379	.357	-.793*	.713*	.464	.488	.001	1.000			
Diámetro copa prom.	-.049	-.467	-.417	-.079	.118	-.262	.115	.379	.396	1.000		
Pendiente	.548	.487	.537	-.637	.455	.702*	.709*	-.363	.703*	.256	1.000	
Altitud	-.002	.028	.019	.055	.090	.177	-.421	.109	-.390	-.486	-.472	1.000
	.996	.943	.962	.889	.817	.649	.260	.780	.299	.185	.199	.

** correlación significativa a nivel .01; * correlación significativa a nivel .05; DAP=diámetro a la altura del pecho. Las variables se refieren a los árboles dentro de los transectos muestreados, con excepción de la altitud, pendiente y densidad del sotobosque. Previo al análisis se aplicó la transformación $\ln(x+1)$.

Cuadro 3. Comparaciones estadísticas entre hábitats de acuerdo a características de la vegetación y del terreno.

	¿Diferencia significativa entre hábitats?
Riqueza	Bosque – Cafetal sombra <i>Inga</i> / mixta
Abundancia	Bosque – C. sombra <i>Inga</i> / mixta
Densidad árboles	Bosque – C. sombra <i>Inga</i>
% <i>Inga</i>	Todos
Heterogeneidad	Todos
Densidad dosel	Bosque – C. sombra <i>Inga</i> / mixta
D. sotobosque	No
DAP promedio	C. sombra mixta – C. sombra <i>Inga</i> / Bosque
Altura promedio	Bosque – C. sombra <i>Inga</i>
Diámetro copa prom.	No
Pendiente	No
Altitud	No

DAP=diámetro a la altura del pecho; a esta variable se le aplicó la transformación \ln previo al análisis. Las variables se refieren a árboles dentro de los transectos muestreados, con excepción de la altitud, pendiente y densidad del sotobosque.

B. Muestreo de mariposas

Durante el muestreo se registraron un total de 75 especies de mariposas diurnas (**cuadro 4; apéndice 8**). Cuarenta y nueve especies (65%) se registraron en cafetal con sombra de *Inga*, 55 (73%) en cafetal con sombra mixta y 65 (87%) en bosque natural. Treinta y cuatro (45%) de las especies de este estudio se registraron en trampas, mientras que 52 (69%) se observaron durante censos visuales. De éstas, 22 (29%) especies se registraron únicamente mediante trampeo, mientras que 41 (55%) se registraron únicamente en los censos visuales y 12 (16%) en ambos métodos. Las ilustraciones de las especies se incluyen en las láminas 1-4ab.

De las 75 especies registradas en este estudio, 54 (72%) se registraron tanto en bosque natural como en por lo menos uno de los hábitats de cafetal. De éstas, 36 especies (48% del total) se registraron en todos los hábitats, 10 (13%) especies únicamente en cafetal con sombra mixta y bosque y 8 (11%) especies únicamente en cafetal con sombra de *Inga* y bosque. Once (15%) especies de mariposas diurnas se registraron únicamente en bosque y 10 (13%) únicamente en los hábitats de cafetal. De las especies encontradas en cafetal, 5 (7%) se registraron únicamente en cafetal con sombra mixta, 1 (1%) en cafetal con sombra de *Inga* y 4 (5%) en ambos.

De las mariposas observadas al vuelo, la mayor riqueza se registró en cafetal con sombra mixta (44 especies; 85%), seguido por bosque (43; 83%) y cafetal con sombra de *Inga* (36; 69%) (**apéndice 9**). De las 52 especies de mariposas observadas al vuelo, 40 (75%) se registraron tanto

en bosque como en por lo menos uno de los hábitats de cafetal. De éstas, 27 especies (51% del total) se observaron en todos los hábitats, 9 (17%) especies solamente en cafetal con sombra mixta y bosque y 4 (7%) especies solamente en cafetal con sombra de *Inga* y bosque. Tres (6%) especies de mariposas se registraron exclusivamente en bosque y 9 (17%) en hábitats de cafetal. De las especies encontradas en cafetal 4 (7%) se observaron únicamente en cafetal con sombra mixta, 1 (2%) en cafetal con sombra de *Inga* y 4 (7%) en ambos.

De mariposas atraídas a trampas, la mayor riqueza se registró en bosque (34 especies que constituyen la totalidad de especies registradas en trampas), seguida por cafetal con sombra de *Inga* (23 especies; 68%) y cafetal con sombra mixta (20; 59%) (**apéndice 10**). Veintiséis de las 34 especies de mariposas muestreadas en trampas se registraron tanto en bosque como en por lo menos uno de los hábitats de cafetal (76%). De éstas, 17 especies (50% del total) se registraron en todos los hábitats, 6 (18%) especies solamente en cafetal con sombra de *Inga* y bosque, y 3 (9%) especies solamente en cafetal con sombra mixta y bosque. Las 8 (24%) especies restantes se registraron únicamente en bosque. Ya que todas las especies fueron registradas en bosque de forma exclusiva o compartida, ninguna especie se registró únicamente en hábitats de cafetal.

La abundancia total de mariposas diurnas registrada durante el muestreo fue de 1,306 individuos. De éstos 522 (40%) individuos se registraron en cafetales con sombra mixta, 432 (33%) individuos en cafetales con sombra de *Inga*, y 352 (27%) en bosque. El 80% de estas observaciones (1,040 individuos) se hicieron durante censos visuales, mientras que el 20% restante (266 individuos) se realizaron mediante trampeo. En el trampeo la abundancia fue mayor en el bosque (136 individuos; 51%), seguido por los cafetales de *Inga* (75; 28%) y sombra mixta (55; 21%). En los censos visuales, la mayor abundancia se registró en cafetal con sombra mixta (467 individuos; 45%), seguido por cafetal con sombra de *Inga* (357; 34%) y bosque (216; 21%).

C. Curvas de acumulación de especies

El crecimiento de las curvas de acumulación de especies con los datos totales del estudio indica que, sin importar el método de muestreo, la muestra fue representativa del ensamble de mariposas diurnas (**figura 10a**). A juzgar por el crecimiento de las curvas de valores acumulados de riqueza de especies se esperarían, por lo menos para la época lluviosa que es la correspondiente a este estudio, pocas especies nuevas con un mayor esfuerzo de muestreo.

Esto se confirma con el modelo Clench de predicción de riqueza, con el cual doblando el esfuerzo de muestreo (54 muestras) se predice un aumento de la riqueza de únicamente 3 especies para los datos totales, 3 para el trapeo y 2 para censos visuales. Cuatriplicando el esfuerzo a 108 muestras el aumento es de 5 especies para los datos totales, 5 para el trapeo y 4 para los censos visuales aproximadamente. De acuerdo a estos datos, los valores de riqueza totales, trampas y censos visuales observados corresponderían a 96.10%, 92.44% y 96.26% respectivamente de los valores de riqueza que se podrían obtener al doblar el esfuerzo de muestreo según el modelo; y a 93.12%, 88.04% y 93.26% si la muestra se hubiera cuatriplicado (**cuadro 5; figura 10b**). Estos datos indican que la muestra fue adecuada para maximizar la riqueza de especies observada y el esfuerzo de muestreo.

Las curvas de acumulación de especies de acuerdo al hábitat y método de muestreo también sugieren que la mayor parte de especies en estos casos se ha muestreado. En el caso de los datos combinados de trampas y censos visuales para todos los hábitats y en los datos provenientes únicamente de censos visuales se esperaría un crecimiento mayor que para la riqueza de mariposas atraídas a trampas, sugerido por la mayor pendiente producida por estas curvas. Para los datos provenientes de trampas la pendiente de las curvas es menor y parecen acercarse a una asíntota, con excepción de la riqueza del bosque la cual sugiere un mayor crecimiento que para el resto de hábitats (**figuras 11a**).

Para estos conjuntos de datos, el modelo Clench predice al doblar el esfuerzo de muestreo (para 18 muestras; el esfuerzo real por hábitat es de 9 muestras) aumentos en la riqueza para el cafetal con sombra de *Inga*, el cafetal con sombra mixta y el bosque, de aproximadamente 5, 6 y 8 especies respectivamente para los datos totales; 3, 3 y 6 especies adicionales de mariposas atraídas a trampas; 4, 4 y 5 especies de mariposas observadas al vuelo. Con 36 muestras el aumento en la riqueza para el cafetal con sombra de *Inga*, el cafetal con sombra mixta y el bosque sería de aproximadamente 9, 9 y 14 especies respectivamente para los datos totales; 6, 4 y 10 para el trapeo; 7, 7 y 9 especies para los censos visuales. De acuerdo a estos datos, los valores de riqueza para el cafetal con sombra de *Inga*, el cafetal con sombra mixta y el bosque observados corresponderían a 89.99%, 90.55% y 88.44% respectivamente de los valores de riqueza totales que se podrían obtener al duplicar el esfuerzo de muestreo según el modelo, 84.89%, 85.23% y 85.55% en el caso de los datos de trampas y 89.99%, 90.96% y 88.22% en el de censos visuales. Al cuatriplicar el esfuerzo de muestreo estos porcentajes pasan a 84.25%, 85.78% y 81.97% para los valores de riqueza totales obtenidos en cafetal con sombra de *Inga*, cafetal con sombra mixta

y bosque respectivamente; 77.67%, 77.68% y 77.89% para los datos de trampas; 83.89%, 86.31% y 81.57% para los censos visuales (**cuadro 11b**).

Un aumento del esfuerzo de muestreo hasta 100 (más de 10 veces el esfuerzo real) el modelo Clench predice para cafetal con sombra de *Inga*, cafetal con sombra mixta y bosque, aumentos de la riqueza en 12, 11 y 18 especies respectivamente para los datos totales; 7, 6 y 12 especies para los datos provenientes de trampas; 9, 9 y 12 especies para los datos de censos visuales (42.51, 52.79 y 51.74). Los valores de riqueza totales observados para cafetal con sombra de *Inga*, cafetal con sombra mixta y bosque corresponderían a 80.58%, 82.72% y 77.82% respectivamente de estos valores estimados; los valores de riqueza obtenidos mediante trampas corresponderían a 73.05%, 72.85% y 72.99%; y los valores obtenidos en censos visuales corresponderían a 79.98%, 83.35% y 77.31% de los valores estimados.

D. Análisis de varianza

De acuerdo a los datos combinados de trampas y censos visuales (“totales”) por unidad y fecha de muestreo, no existe diferencia significativa entre los hábitats cafetal con sombra de *Inga*, cafetal con sombra mixta y bosque en cuanto a abundancia o riqueza de mariposas diurnas. La heterogeneidad de mariposas diurnas solamente fue significativamente diferente entre cafetal con sombra de *Inga* y el bosque (.029 significancia). Para las parejas, sombra de *Inga* – sombra mixta y sombra mixta – bosque la heterogeneidad no fue diferente. En ninguno de los casos se encontró diferencia significativa para la heterogeneidad de acuerdo a fecha de muestreo o interacción fecha x hábitat (**cuadro 6 y 7; apéndice 11 y 12**).

Para el ensamble de mariposas atraídas a trampas no se encontró diferencia significativa entre los hábitats en cuanto a abundancia, riqueza o heterogeneidad de especies. No hubo efecto de la fecha de muestreo mientras que la interacción entre fecha de muestreo y hábitat sí fue significativa en todos los casos (significancia de .004 para la abundancia, .005 para la riqueza y .016 para la heterogeneidad). Esto indica que la abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas atraídas a trampas varía en el tiempo de forma diferente entre hábitats.

Cuadro 4. Lista anotada de especies de mariposas diurnas registradas durante el estudio

Familia	Subfamilia	Especie	Cafetal sombra			Trampas	Visuales	Especimen colectado
			de Inga	mixta	Bosque			
PAP	-	<i>Parides arcas</i> ssp. (Cramer 1781)	x	x	x		x	x
PIER	Dism	<i>Dismorphia amphione</i> ssp. (Cramer 1779)	x	x	x		x	x
PIER	Coli	<i>Eurema albula</i> (Cramer 1775)	x	x	x		x	x
PIER	Coli	<i>E. mexicana</i> (Boisduval 1836)	x	x	x		x	
PIER	Coli	<i>E. nise</i> (Cramer 1775)	x	x	x		x	x
PIER	Coli	<i>Phoebis argente</i> (Fabricius 1775)/ <i>P. agarithe</i> Boisduval 1836	x	x	x		x	
PIER	Coli	<i>P. sennae</i> (Linnaeus 1758)	x	x	x		x	x
NYMPH	Charax	<i>Archaeoprepona demophon</i> ssp. (Linnaeus 1758)	x	x	x	x		x
NYMPH	Charax	<i>A. demophon</i> ssp. (Hübner [1814])	x	x	x	x		x
NYMPH	Charax	<i>Consul fabius</i> ssp. (Cramer 1779)	x	x	x	x	x	x
NYMPH	Charax	<i>Memphis arginussa</i> ssp. (Hübner y Geyer 1832)	x	x	x	x		x
NYMPH	Charax	<i>M. eurypyle</i> ssp. (Felder y Felder 1862)*	x	x	x	x		x
NYMPH	Nymph	<i>Catonephele mexicana</i> Jenkins y de la Maza 1985	x	x	x	x	x	x
NYMPH	Nymph	<i>C. numilia</i> ssp. Cramer 1779	x	x	x	x	x	x
NYMPH	Nymph	<i>Colobura dirce</i> (Linnaeus 1764)	x	x	x	x	x	x
NYMPH	Charax	<i>Memphis pithyusa</i> (Felder 1869)	x	x	x	x		x
NYMPH	Nymph	<i>Hamadryas amphinome</i> ssp. (Linnaeus 1767)	x	x	x	x		x
NYMPH	Nymph	<i>H. februa</i> ssp. (Hübner 1816-24)	x	x	x	x	x	x
NYMPH	Nymph	<i>H. laodamia</i> ssp. (Cramer [1777])	x	x	x	x		x
NYMPH	Nymph	<i>Historis acheronta</i> (Fabricius 1775)	x	x	x	x		x
NYMPH	Nymph	<i>H. odius</i> (Fabricius 1775)	x	x	x	x		x
NYMPH	Nymph	<i>Siproeta stelenes</i> ssp. (Linnaeus 1758)	x	x	x		x	x
NYMPH	Nymph	<i>Smyrna blomfieldia</i> ssp. Fabricius 1781*	x*	x*	x*	x		x
NYMPH	Helic	<i>Dryas iulia</i> (Fabricius 1775)	x	x	x		x	x
NYMPH	Helic	<i>Eueides aliphera</i> (Godart 1819)	x	x	x		x	x
NYMPH	Helic	<i>Heliconius hecalesia</i> ssp. (Hewitson 1853)	x	x	x		x	x
NYMPH	Ithom	<i>Dircenna klugii</i> (Geyer 1837)	x	x	x		x	x
NYMPH	Ithom	<i>Mechanitis lysimnia</i> ssp. (Fabricius 1793)	x	x	x		x	x
NYMPH	Ithom	<i>M. polynnina</i> ssp. (Linnaeus 1758)	x	x	x		x	x
NYMPH	Ithom	<i>Melinaea ethra</i> ssp. (Godart 1819)	x	x	x		x	x
NYMPH	Morph	<i>Morpho peleides</i> ssp. Kollar 1850	x	x	x	x		x
NYMPH	Saty	<i>Cissia hermes</i> (Fabricius 1775).	x	x	x	x		x
NYMPH	Saty	<i>C. hesione</i> (Sulzer 1776)	x	x	x		x	x
NYMPH	Saty	<i>C. libye</i> (Linnaeus 1767)	x	x	x		x	x
NYMPH	Saty	<i>Taygetis andromeda</i> (Cramer 1779)/ <i>T. sp. afin a salvini</i> Staudinger 1888	x	x	x		x	x/x
NYMPH	Saty	<i>T. kerea</i> Butler 1879	x	x	x	x		x
NYMPH	Saty	<i>T. virgilia</i> ssp. Cramer 1779	x	x	x		x	x
NYMPH	Nymph	<i>Anartia fatima</i> Godart 1820	x	x	x		x	x
NYMPH	Melit	<i>Chlosyne janais</i> (Drury 1782)	x	x	x		x	x
NYMPH	Helic	<i>Heliconius charitontus</i> (Linnaeus 1767)	x	x	x		x	x
NYMPH	Ithom	<i>Mechanitis menapis</i> ssp. Hewitson 1856	x	x			x	x
NYMPH	Charax	<i>Archaeoprepona amphinachus</i> ssp. (Fabricius 1775)	x		x	x		x
NYMPH	Charax	<i>Memphis morvus</i> ssp. (Fabricius 1775)	x		x	x		x
NYMPH	Charax	<i>Prepona omphale</i> ssp. (Hübner [1819])	x		x	x		x
NYMPH	Charax	<i>Siderone marthesia</i> (Cramer 1777)	x		x	x		x
NYMPH	Nymph	<i>Adelpha boeotia</i> ssp. (Felder y Felder 1867)	x		x	x		x
NYMPH	Nymph	<i>Temenis laothoe</i> ssp. Cramer 1779	x		x	x		x
NYMPH	Helic	<i>Heliconius ismenius</i> ssp. Latreille 1817	x		x		x	x
NYMPH	Saty	<i>Cyllopsis sp. afin a argentella</i> (Butler y Druce 1872)	x		x		x	x
PAP	-	<i>Papilio anchisiades</i> ssp. Esper 1788		x	x		x	x
PIER	Coli	<i>Eurema salome</i> (Felder 1861)		x	x		x	
NYMPH	Apat	<i>Doxocopa laure</i> (Drury 1773)		x	x		x	
NYMPH	Nymph	<i>Epiphile adраста</i> Hewitson 1861		x	x	x		x
NYMPH	Nymph	<i>Eunica careas</i> Hewitson 1857		x	x	x		x
NYMPH	Nymph	<i>Siproeta epaphus</i> ssp. (Latreille 1811)		x	x		x	
NYMPH	Melit	<i>Tegosa anieta</i> ssp. (Hewitson 1864)		x	x		x	x
NYMPH	Helic	<i>Heliconius erato</i> ssp. (Linnaeus 1758)		x	x		x	x
NYMPH	Dan	<i>Lycorea cleobaea</i> ssp. (Godart 1819)		x	x		x	x
NYMPH	Saty	<i>Dioriste tauropolis</i> (Westwood 1850)		x	x	x		x
NYMPH	Dan	<i>Danaus plexippus</i> (Linnaeus 1758)	x				x	
PAP	-	<i>Papilio cressphontes</i> (Cramer 1777)/ <i>P. thoas</i> ssp. Linnaeus 1771		x			x	
PIER	Coli	<i>Phoebis sp. Hembra</i>		x			x	
NYMPH	Melit	<i>Castilia myia</i> (Hewitson 1874)		x			x	
NYMPH	Melit	<i>Chlosyne gaudealis</i> (Bates 1864)		x			x	x
NYMPH	Helic	<i>Heliconius hecale</i> ssp. (Fabricius 1775)		x			x	x
PAP	-	<i>Parides sp. Hembra</i>			x		x	
PIER	Coli	<i>Anteos maerula</i> Fabricius 1775			x		x	
NYMPH	Charax	<i>Memphis glycerium</i> (Doubleday 1850)			x	x		x
NYMPH	Charax	<i>Zaretis ellops</i> (Felder 1869)			x			x
NYMPH	Nymph	<i>Diaethria astala</i> (Guérin-Ménéville 1844)			x	x		x
NYMPH	Nymph	<i>Nica flavilla</i> ssp. Godart 1823			x	x		x
NYMPH	Ithom	<i>Tithorea tarricina</i> ssp. Hewitson 1857			x		x	
NYMPH	Brass	<i>Caligo uranus</i> Herrich-Schäffer 1850			x	x		x
NYMPH	Saty	<i>Cissia sp. afin a confusa</i> (Staudinger 1888)			x	x		x
NYMPH	Saty	<i>Cyllopsis sp.</i>			x	x		x
NYMPH	Saty	<i>Sp.1</i>			x	x		x

PAP=PAPILIONIDAE; PIER=PIERIDAE; NYMPH=NYMPHALIDAE; Dism=Dismorphiinae; Coli=Coliadinae; Apat=Apaturinae;

Charax=Charaxinae; Nymph=Nymphalinae; Melit=Melitaeinae; Helic=Heliconiinae; Dan=Danaeinae; Ithom=Ithomiinae; Morph=Morphinae;

Brass=Brassolinae; Saty=Satyrinae

* Especie no tomada en cuenta para el análisis de datos. Su presencia en los diferentes hábitats no es definitiva debido a que se encontraba en una época de emergencia (ver texto página 21).

Cuadro 5. Valores selectos de riqueza estimados para determinados esfuerzos de muestreo mediante el modelo Clench para el sitio de estudio y por hábitat según método de muestreo.

Riqueza	Real	Esfuerzo de muestreo				
		Estimado/a				
		1x	2x	4x	+10x	
Trampas	34	33.59	36.78	38.62	---	
Visuales	53	51.83	55.06	56.83	---	
Total	75	73.49	78.04	80.54	---	
Trampas	Inga	20	20.13	23.56	25.75	27.38
	Mixta	15	14.96	17.60	19.31	20.59
	Bosque	34	33.70	39.74	43.65	46.58
Visuales	Inga	34	33.26	37.78	40.53	42.51
	Mixta	44	43.89	48.37	50.98	52.79
	Bosque	40	39.39	45.34	49.04	51.74
Total	Inga	49	48.29	54.45	58.16	60.81
	Mixta	55	54.94	60.74	64.12	66.49
	Bosque	65	64.11	73.50	79.30	83.52

Figura 10. Curvas de acumulación de especies de mariposas diurnas para datos totales según método de muestreo con datos reales (a.) y valores estimados de acuerdo al modelo Clench (b.) para 100 muestras.

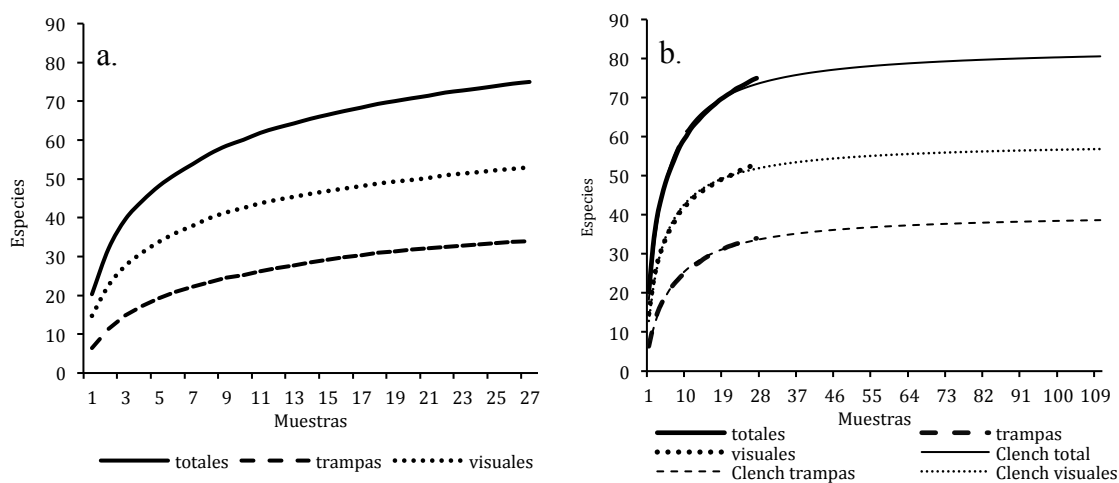
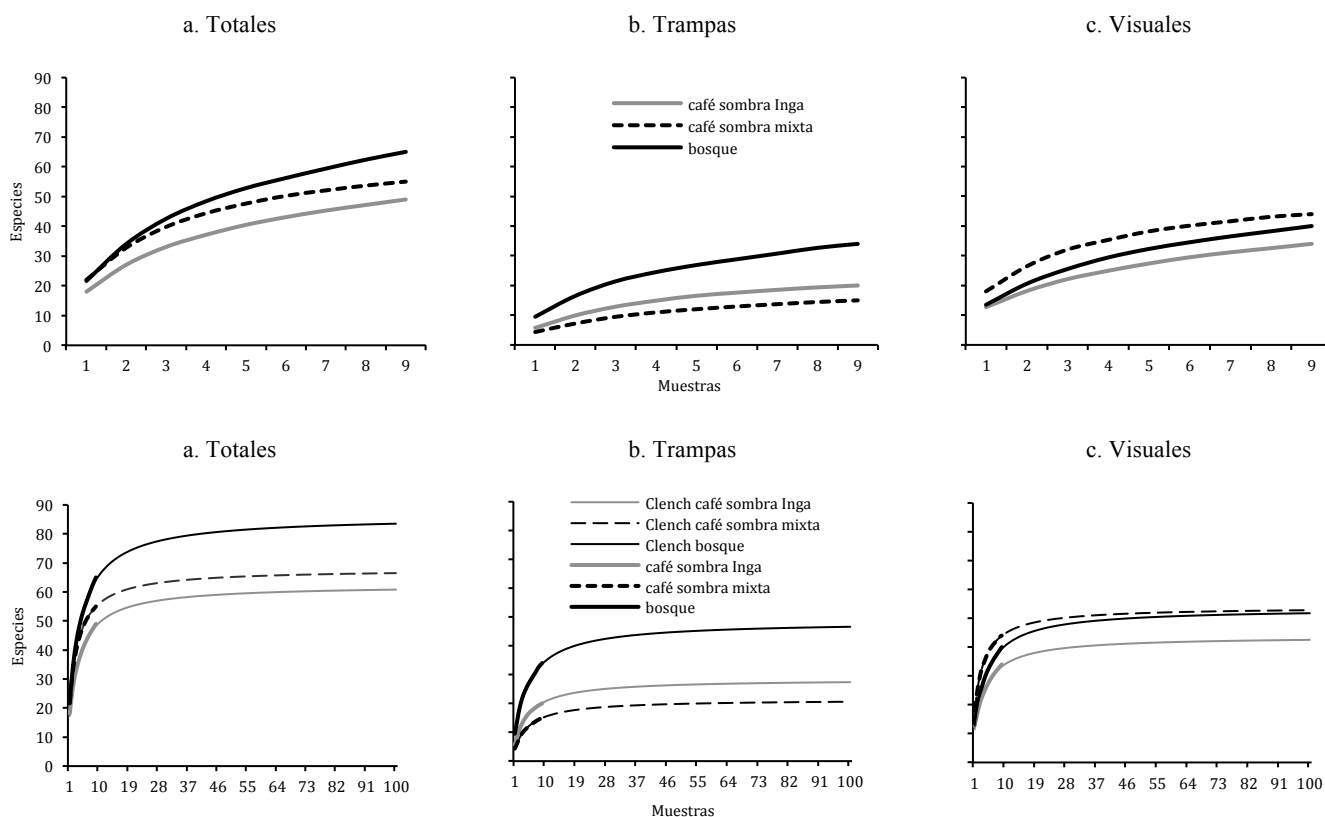


Figura 11. Curvas de acumulación de especies de mariposas diurnas por método de muestreo y hábitat con datos reales aleatorizados (a.) y valores estimados a partir del modelo Clench para 100 muestras (b.).



Para las mariposas diurnas observadas durante los censos visuales la abundancia de especies fue significativamente diferente entre cafetal con sombra mixta y bosque (.014 significancia). Para las parejas cafetal con sombra de *Inga* – cafetal con sombra mixta y cafetal con sombra de *Inga* – bosque no se encontró diferencia significativa. La riqueza no fue significativamente diferente en alguno de los casos. La heterogeneidad sí se encontró significativamente diferente entre el cafetal con sombra de *Inga* y el resto de hábitats (.002 significancia para pareja cafetal con sombra de *Inga* – cafetal con sombra mixta, y .018 para cafetal con sombra de *Inga* – bosque), mientras que los hábitats cafetal con sombra mixta y bosque no son significativamente diferentes. En ninguno de los casos se encontró diferencia significativa para la heterogeneidad de acuerdo a fecha de muestreo o interacción fecha x hábitat.

En todos los casos, los valores de significancia obtenidos en la prueba de Maulchy fueron $>.05$, por lo que los datos cumplen con el supuesto de esfericidad que respalda la validez del análisis de varianza para los efectos intra-sujetos (fecha e interacción fecha x hábitat) (**apéndice**

13). De acuerdo a la prueba de Levene, todos los conjuntos de datos cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianza exceptuando los datos de abundancia de censos visuales y los datos de abundancia que combinan valores de trampas y censos visuales (datos “totales”). Estos conjuntos de datos presentaron valores de significancia de .042 y .046 para la fecha 2 respectivamente, por lo que fueron transformados. Luego de la transformación (\ln), estas significancias pasaron a ser de .108 y .168 respectivamente, lo que indica los datos transformados sí cumplen con el supuesto y le da validez al análisis de varianza realizado con los mismos (**apéndice 14**).

Cuadro 6. Comparaciones estadísticas para el efecto entre-sujetos (hábitat) de acuerdo a abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas diurnas según el método de muestreo.

¿Diferencia significativa entre hábitats?			
	Totales	Trampas	Visuales
Abundancia	No	No	Cafetal sombra mixta – Bosque
Riqueza	No	No	No
Heterogeneidad	Cafetal sombra <i>Inga</i> – Bosque	No	Cafetal sombra <i>Inga</i> – C. sombra mixta - Bosque

Cuadro 7. Comparaciones estadísticas para el efecto intra-sujetos (fecha e interacción fecha x hábitat) de acuerdo a abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas diurnas según el método de muestreo.

¿Efecto significativo de la fecha de muestreo/interacción fecha x hábitat?			
	Totales	Trampas	Visuales
Abundancia	No / No	No / Sí	No / No
Riqueza	No / No	No / Sí	No / No
Heterogeneidad	No / No	No / Sí	No / No

E. Análisis de ordenación

En el diagrama de ordenación de acuerdo a los datos totales de riqueza y composición de mariposas diurnas (**figura 12**) las unidades de bosque en sus diferentes fechas de muestreo se segregan del lado derecho del eje 1, y los sitios de cafetal, tanto de sombra de *Inga* como mixta, del lado izquierdo. Esto indica una diferenciación entre bosque y cafetal.

De acuerdo a los patrones espaciales de las unidades de cafetal a lo largo del eje 2, los sitios de cafetal con sombra de *Inga* no se diferencian claramente de los que poseen sombra

mixta. Los sitios de cafetal con sombra mixta localizados en las fincas Chipacay y El Retiro se correlacionan más entre sí y con el sitio de cafetal con sombra de *Inga* de Chipacay que con el resto de sitios. Por otro lado, los sitios de cafetal con sombra de *Inga* de las fincas Tarrales y El Retiro se correlacionan más entre sí y con el sitio de sombra mixta en Tarrales.

El sitio de bosque más cercano, y que por lo tanto se correlaciona más con las unidades de cafetal es el localizado en finca El Retiro. La unidad menos correlacionada es la de finca Tarrales. Para los sitios de bosque, diferentes fechas de muestreo de una misma unidad experimental se correlacionan más entre sí que con el resto de unidades de bosque.

El diagrama muestra que existe correlación entre la distribución de los datos de mariposas diurnas y la de la riqueza, altura y diámetro a la altura de pecho promedios de los árboles de sombra. La heterogeneidad y abundancia de árboles de sombra, la densidad del dosel y el porcentaje de árboles de *Inga* presentes, también mostraron relación con los datos de mariposas; la dirección de estos vectores, similar a la del vector de riqueza de árboles, concuerda con el hecho de que estas variables se encuentran correlacionadas (en el caso del porcentaje de *Inga* esta correlación es negativa y el vector se orienta en dirección contraria).

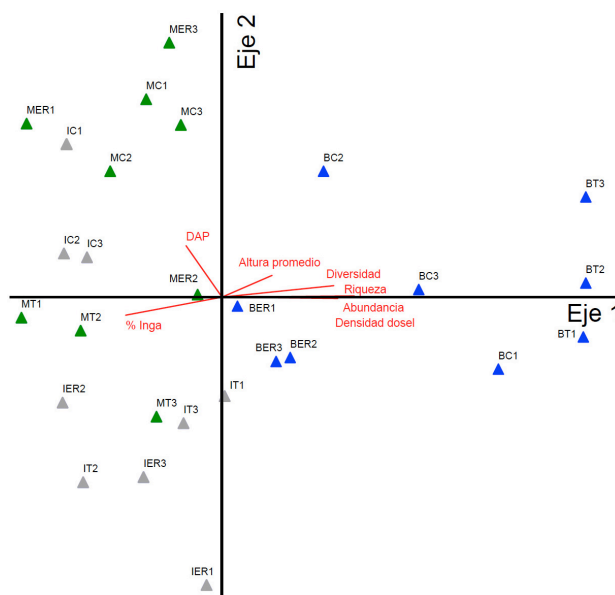
De acuerdo a los datos de riqueza y composición de mariposas diurnas registradas en trampas (**figura 13**) la mayor parte de unidades de muestreo se agrupan hacia el centro del diagrama, lo que indica poca correlación entre ellas que lleve a patrones con información de la relación de los hábitats bajo análisis. No obstante, puede observarse cierta correspondencia entre la distribución de los datos de mariposas diurnas y la de la riqueza y altura promedio de los árboles de sombra, así como la densidad del sotobosque. La heterogeneidad de árboles de sombra, densidad del dosel y el porcentaje de árboles de *Inga*, correlacionados a su vez con la riqueza, también mostraron esta relación con los datos de mariposas.

Según los datos de mariposas registradas en censos visuales (**figura 14**) las unidades de bosque continúan del lado derecho del eje 1 con excepción del primer muestreo del bosque en finca El Retiro (BER1), el cual se muestra muy similar a las unidades de cafetal del lado izquierdo del eje 1. Por su parte, el cafetal de sombra mixta de Chipacay se muestra muy similar a los sitios de bosque en dos de sus fechas de muestreo (DC1 y DC2). Al igual que lo observado con los datos totales, del lado izquierdo del eje 1, no existe mucha diferenciación entre las unidades de cafetal con sombra de *Inga* y las de cafetal con sombra mixta. Las unidades de

cafetal con sombra de *Inga* de El Retiro y Tarrales se correlacionan más con las unidades de cafetal con sombra mixta de El Retiro en la segunda fecha de muestreo (DER2) y de Tarrales en la tercera fecha de muestreo (DT3), así como con la primera muestra del bosque de El Retiro (BER1). Por otro lado, la primera y segunda fecha de muestreo del cafetal con sombra mixta de Tarrales (MT1 y MT2), así como la segunda muestra de Chipacay (MC2) y la primera de El Retiro (MER1) se correlacionan más entre sí y con el cafetal con sombra de *Inga* de Chipacay en la primera y tercera fecha de muestreo (IC1 e IC2).

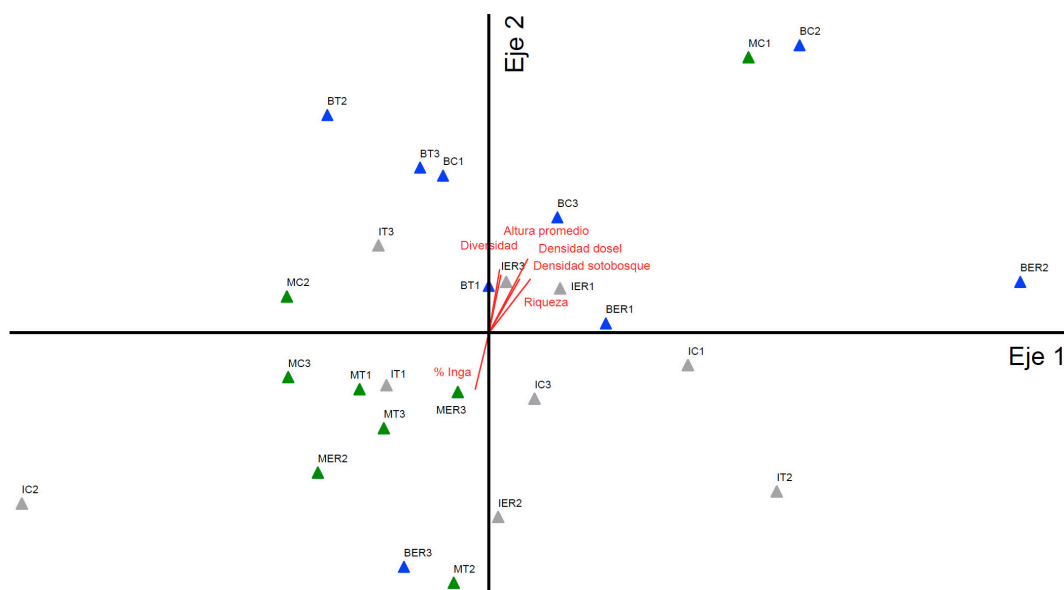
El diagrama muestra que existe correlación entre la distribución de los datos de mariposas diurnas y la de la riqueza y altura promedio de los árboles del dosel, la densidad del sotobosque y la pendiente del terreno. Los datos de heterogeneidad y abundancia de árboles de sombra, la densidad del dosel y el porcentaje de árboles de *Inga* también mostraron relación con los datos de mariposas.

Figura 12. Análisis de ordenación de unidades experimentales de café con sombra de *Inga*, café con sombra mixta y bosque de acuerdo a datos totales de mariposas diurnas.



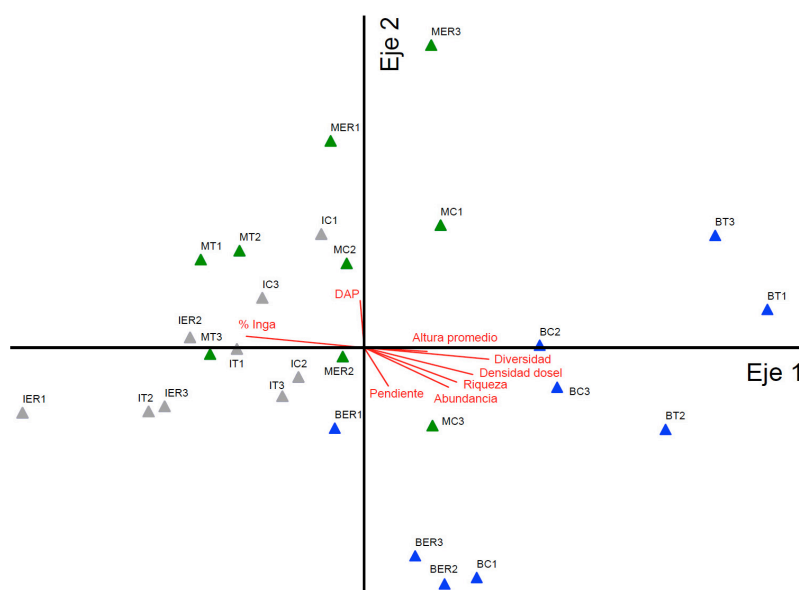
▲ I=café con sombra de *Inga*; ▲ M=café con sombra mixta; ▲ B=bosque; ER=El Retiro; C=Chipacay; T=Tarrales. Se representan todas las fechas de muestreo de una misma unidad muestral. Los vectores representan la dirección y fuerza relativa de la relación entre los datos de mariposas con variables de los árboles de sombra. DAP=diámetro promedio a la altura del pecho.

Figura 13. Análisis de ordenación de unidades experimentales de café con sombra de *Inga*, café con sombra mixta y bosque de acuerdo a datos de mariposas diurnas atraídas a trampas.



▲ I=café con sombra de *Inga*; ▲ M=café con sombra mixta; ▲ B=bosque; ER=El Retiro; C=Chipacay; T=Tarrales. Se representan todas las fechas de muestreo de una misma unidad muestral. Los vectores representan la dirección y fuerza relativa de la relación entre los datos de mariposas con variables de los árboles de sombra y la densidad del sotobosque.

Figura 14. Análisis de ordenación de unidades experimentales de café con sombra de *Inga*, café con sombra mixta y bosque según datos de mariposas diurnas registradas durante censos visuales.



▲ I=café con sombra de *Inga*; ▲ M=café con sombra mixta; ▲ B=bosque; ER=El Retiro; C=Chipacay; T=Tarrales. Se representan todas las fechas de muestreo de una misma unidad muestral. Los vectores representan la dirección y fuerza relativa de la relación entre los datos de mariposas con variables de los árboles de sombra y la pendiente del terreno. DAP=diámetro promedio a la altura del pecho.

Los diagramas de correlación por especie (**apéndice 15**) muestran una gran variación en cuanto a la correlación de cada una relativa a las unidades muestrales. Las especies con registros únicos o con bajas densidades (digamos menos de 10 individuos muestreados; ver apéndice 16) muestran fuertes correlaciones con las unidades en las que fueron registradas y no necesariamente diferenciación o preferencias de hábitat. Por otro lado, varias de las especies de mariposas mostraron densidades medias o altas durante el estudio pero no muestran patrones específicos de correlación con determinado tipo de hábitat al encontrarse con patrones fuertes en todos o la mayor parte de ellos o mostrar bastante variabilidad en cuanto a sus correlaciones con determinado hábitat. Dentro de éstas se encuentran la mayor parte de especies de *Archaeoprepona*, *Catenophele*, *Eurema*, *Hamadryas* y *Mechanitis*, así como *Colobura dirce*, *Consul fabius* ssp., *Dircenna klugii*, *Dryas iulia*, *Historis odius* y *Melinaea ethra* ssp., *Memphis eurypyle* ssp. y *M. pithyusa*.

Las especies *Anartia fatima*, *Cissia hermes* y *C. hesione* muestran una correlación clara con los sitios agrícolas, sin mucha diferenciación entre el sistema de sombra. Por su parte, *Parides arcas* ssp., el par *Phoebis argante*/*P. agarithe* y *Siproeta stelenes* ssp. también se correlacionan más con hábitats de cafetal, aunque con patrones menos marcados.

Las especies *Heliconius hecalesia* ssp., *Morpho peleides* ssp. y la mayor parte de especies de *Taygetis* tampoco muestran patrones bien definidos de correlación (aunque sí numéricos), pero sí muestran una tendencia a correlacionarse más con los sitios de cafetal con sombra mixta y bosque y muy poco con cafetal con sombra de *Inga*. Aunque muchas especies fueron registradas solamente en bosque, *Dioriste tauropolis* es la única que se correlaciona más fuertemente con este hábitat.

De acuerdo a los datos netos de abundancias (**apéndice 16**), para algunas de las especies se pudieron observar gradientes de bosque a cafetal con sombra de *Inga* y viceversa, siguiendo el gradiente de diversificación propuesto. No obstante, en la mayor parte de los casos esto se debe a unidades/fechas de muestreo en las que fueron especialmente abundantes, lo que se reflejó en sus abundancias totales, ya que en el análisis de ordenación este gradiente no fue evidente. Probablemente se necesita un esfuerzo mayor para determinar mejor las relaciones de estas especies, especialmente de las que presentan bajas abundancias.

IV. DISCUSIÓN

A. Discusión de los métodos de muestreo

Tanto el análisis de varianza como el análisis de ordenación muestran que existen diferencias entre los resultados obtenidos al utilizar los datos de mariposas diurnas provenientes de censos visuales y trapeo separados o unidos. Los datos de trampas por sí solos son los que menos información aportan al análisis de los hábitats en cuestión. Esto podría deberse al efecto de “atracción” relacionado a ellas, ya sea al atraer solamente determinadas especies o al atraer una mezcla de especies de dentro y fuera del hábitat. Ambos procesos explicarían la falta de diferenciación entre hábitats de acuerdo a riqueza, abundancia y heterogeneidad de las mariposas atraídas a trampas en el análisis de varianza, así como para los datos cuantitativos en el análisis de ordenación.

No todas las mariposas que se alimentan de jugos en descomposición son atraídas a las trampas, ya que varias especies de Satyrinae y Brassolinae (*Opsiphanes* sp.) solamente se observaron al vuelo (en el segundo caso fuera de muestreo, pero dentro de las unidades experimentales). Además, no todas son igualmente susceptibles a quedar atrapadas. En varias ocasiones, pudo observarse que individuos de *Morpho peleides* ssp. entraban a las trampas y se alimentaban del cebo en la base, pero luego tendían a volar hacia abajo, lo que facilitaba su salida y hacía menos probable que quedaran atrapados. Por el contrario, el comportamiento de otras especies era el de alimentarse y luego volar hacia arriba, lo que hacía que quedaran dentro del tubo. De *Morpho peleides* ssp, solamente se registraron 7 individuos en el trapeo, mientras que en los censos visuales se registraron 45.

Los censos visuales no tienen el problema de “atracción”, por lo que tienen la ventaja de que las especies registradas, son las que efectivamente se encuentran en el hábitat, ya sea utilizando los recursos directamente o de paso, como matriz para la migración. En este caso, los datos recabados en censos visuales son los que lograron aportar más información para definir las diferencias entre hábitats.

En relación al uso de trampas, los censos visuales fueron más eficientes tanto en el número de especies como en el de individuos registrados. No obstante, los censos visuales dependen de la visibilidad, la cual puede variar entre hábitats con diferente complejidad estructural. Para las mariposas registradas en los censos visuales las mayores abundancias se registraron en el cafetal

con sombra mixta, mientras que el bosque presentó los menores valores, y los cafetales con sombra de *Inga* los valores intermedios. En el caso del bosque, es probable que estos datos se hayan visto influenciados por la menor visibilidad y movilidad que se tenía en las unidades de muestreo debido a la alta densidad de la vegetación y pronunciada pendiente del terreno comparados con los sitios de cafetal, ya que este hábitat presentó los mayores valores de abundancia de mariposas atraídas a trampas, pero la menor abundancia de mariposas observadas al vuelo en relación al resto de hábitats. Esto también se observó en los valores de riqueza (bosque con la mayor riqueza de mariposas observadas al vuelo pero menores niveles de riqueza de mariposas observadas al vuelo), pero en el análisis de varianza estas diferencias no resultaron estadísticamente significativas.

En los datos provenientes de censos visuales se observó una gran variación entre los datos registrados en diferentes muestreos de una misma unidad experimental debido a las diferencias en las horas de muestreo, lo que es evidenciado por la separación de diferentes fechas de muestreo de una misma unidad muestral en los diagramas de ordenación. Esto se debe a que la actividad de determinadas especies de mariposas varía conforme avanza el día. Por ejemplo, sin importar el hábitat, *Melinaea ethra* ssp. y las especies de *Mechanitis* casi no se observaban durante las primeras horas del muestreo, pero se mostraban muy activas y abundantes en las últimas horas del mismo, mientras que, por lo general, la actividad de la mayor parte de las especies era mayor al comenzar el día y disminuía conforme se avanzaba el muestreo. Se considera que el diseño experimental utilizado fue efectivo para compensar esta variación, además de que la misma no fue evidente en los diagramas de ordenación.

Basándose en los hechos anteriores se cree que para realizar un estudio como el presente, en el que se busca determinar diferencias del ensamble de mariposas entre hábitats, el método más adecuado es el de censos visuales. Mientras que, debido a la gran diferenciación que existe entre los dos métodos en cuanto a la identidad de las especies que atraen, si se busca realizar un inventario del ensamble de mariposas diurnas en una localidad dada, o inferencias a nivel de paisaje lo mejor sería una combinación de ambos (Sparrow *et al.* 1994). Aunque esta última aproximación implica juntar los datos de dos distintas metodologías (esfuerzos) de muestreo, su uso se justifica por ser un punto de comparación entre hábitats y no entre valores cuantitativos por especie dentro de un mismo hábitat.

No importando el método que se utilice, se debe notar que no se puede concluir que los hábitats son “adecuados” para las especies muestreadas en ellos, ya que no se sabe hasta

que punto cada especie se encuentre de paso, o sea dependiente de otros hábitats (Gilbert y Singer 1975). Tampoco se puede concluir el valor de un hábitat en la conservación del ensamble de mariposas a largo plazo, a no ser que se cuente con información específica acerca de sus recursos (e. g. plantas nutricias) y de su interacción con otros hábitats, por lo que es indispensable conocer la biología de las especies. En este estudio, varias de las especies presentaron densidades muy bajas, lo cual hace difícil hacer hipótesis acerca de ellas y su distribución. También es posible que muchas de las especies más sensibles presenten densidades tan bajas que no se hayan detectado durante el estudio con la intensidad de muestreo utilizada, no obstante, basándose en las curvas de acumulación de especies, para la época lluviosa correspondiente a este estudio se esperarían pocas especies nuevas con un aumento considerable del esfuerzo de muestreo.

B. Valor de los cafetales en la conservación de mariposas diurnas

En el presente estudio, los resultados del análisis de ordenación para los datos totales y de mariposas observadas al vuelo muestran, que aunque la riqueza de mariposas diurnas entre hábitats sea estadísticamente igual, la composición es diferente. La heterogeneidad señala al cafetal con sombra mixta como un intermedio entre los hábitats de cafetal con sombra de *Inga* y bosque (sugiriendo la presencia de un gradiente), mientras que el análisis de ordenación sugiere una diferenciación entre cafetales y bosque, con poca diferenciación entre los cafetales con distintos sistemas de sombra. Esta variación entre los resultados de acorde al tipo de datos analizado muestra la importancia de considerar tanto la abundancia como la identidad de las especies de mariposa involucradas.

La poca diferenciación entre cafetal con dosel de *Inga* y cafetal con sombra mixta observada en este estudio podría deberse a que a nivel de paisaje, las diferencias en la composición del dosel entre parches se “pierdan” entre el mosaico de cafetales, o queden cortas dentro del rango de movilidad de determinadas especies de mariposas. En un estudio realizado con palomillas en Costa Rica se encontró que la riqueza, abundancia y composición de éstas no variaba significativamente entre diferentes hábitats agrícolas (incluyendo café con sombra de *Inga* y café al sol), pero sí a la distancia de bosque natural, siendo la composición de especies en los sitios cercanos al bosque más similares a éste que los más lejanos (Ricketts *et al.* 2001). Esto sugería que todos los sistemas de producción ofrecían elementos similares a las palomillas independientemente del cultivo o sistema de producción y que éstas se movían frecuentemente

utilizando el mosaico del paisaje alrededor de los fragmentos de bosque lo cual podría ser similar a lo observado en este estudio.

Tomando en cuenta esto, es probable que otros factores dentro de las plantaciones de café que no se midieron, (como la composición del sotobosque), y no necesariamente la diversidad del dosel, sean más importantes en determinar la distribución de los ensambles de mariposas diurnas. A este respecto debe notarse que la correlación existente entre la diversidad de árboles de sombra de los hábitats y la abundancia, altura promedio y densidad del dosel de sombra pudo ser una fuente de error del presente estudio. A su vez, estas variables generan cambios en las condiciones microclimáticas de los diferentes hábitats que pueden afectar la fauna de mariposas presente y ser un factor importante (más que el sistema de cultivo), en la determinación de la diversidad de mariposas diurnas. A este respecto, en el caso de hormigas que forrajean en el suelo, se ha observado una disminución de la diversidad en un gradiente de complejidad de la vegetación relacionado con la intensificación del cultivo de café en Costa Rica (a su vez correlacionado con el porcentaje de cobertura del dosel), sugiriéndose que esta transformación también implica la transformación de microhábitats que, junto con otros factores, tienen diferentes impactos en la fauna presente de acuerdo a sus características biológicas (Perfecto y Snelling 1995). En el caso de mariposas diurnas, se ha encontrado una alta correlación entre la riqueza de mariposas con la profundidad estructural del dosel (medida entre la rama más baja y la más alta), altura promedio de los arbustos de café, presencia de epífitas y porcentaje de árboles emergentes (Mas 1999). El porcentaje de cobertura del dosel también se ha encontrado positivamente correlacionado a la riqueza de mariposas atraídas a trampas, pero a su vez negativamente correlacionado al rendimiento de la cosecha del café (Perfecto y Armbrrecht 2002; Perfecto *et al.* 2003; Perfecto *et al.* 2005), lo cual significa que un correcto manejo y determinación de la importancia de los diferentes factores debería llevar a un punto intermedio de producción y protección.

Los resultados del análisis de ordenación para los datos totales sugieren poco valor de los sistemas de cafetal con sombra evaluados en este estudio en la conservación de mariposas diurnas, pues poseen una composición de especies que se diferencia claramente de la presentada por bosque natural. No obstante, es importante notar que un gran porcentaje de las especies registradas en este estudio se encuentran tanto en bosque como en cafetal (de hecho el bosque comparte con los hábitats de cafetal más del 70% del total de especies registradas en el estudio sin importar el método de muestreo). Esto lleva a plantear la hipótesis que en un bosque altamente fragmentado como el estudiado, es probable que a pesar de las obvias diferencias entre

cafetales con sombra y bosque, los cafetales con sombra se encuentren jugando un papel en la conservación y mantenimiento de la diversidad de estas especies de mariposas diurnas con tolerancia a perturbaciones medias, como mínimo, al permitir el flujo de individuos entre parches boscosos. Quedaría por estudiar, si estos hábitats son capaces de mantener la diversidad nativa de mariposas por sí mismos de no ser por encontrarse al lado de parches boscosos y viceversa, su papel como matriz de amortiguación o conexión entre parches boscosos que ayude al mantenimiento de la diversidad de remanentes boscosos, principalmente en comparación con otros tipos de hábitats. Al respecto de este último punto debe decirse, que los sistemas de cultivo de café aquí evaluados son los practicados en la región de estudio. Debido a esto no pudieron evaluarse ni el sistema rústico ni el sistema al sol, que representan los extremos del gradiente de intensificación y podrían haber aportado más información de haber sido incluidos en el estudio.

A diferencia de los resultados de riqueza aquí encontrados, los estudios previos realizados con mariposas diurnas atraídas a trampas en cafetales con diferentes grados de diversificación de la sombra de Chiapas, al sur de México, observaron una declinación considerable de la riqueza en todos los sistemas comparada con la de bosque natural, con excepción de la plantación rústica que conservaba parte del dosel original del bosque (Mas 1999; Perfecto *et al.* 2003; Mas y Dietsch 2003; Mas y Dietsch 2004; estos estudios representan diferentes análisis de un mismo conjunto de datos de mariposas). Además, este sistema era el único que cumplía con todos los requisitos de reconocidos programas de certificación de café con sombra (Mas y Dietsch 2003). No obstante, estos estudios se basan principalmente en la riqueza de especies y, aunque Mas y Dietsch (2003) analizaron brevemente el número de especies únicas para bosque y cafetal, sería interesante realizar un análisis más profundo de la composición la cual podría brindar mayor información del posible papel de los sistemas evaluados en la conservación de mariposas diurnas.

V. CONCLUSIONES

1. Existen diferencias entre los resultados obtenidos al utilizar los datos de mariposas diurnas provenientes de censos visuales y trapeo separados o unidos. En este estudio los datos de trampas por sí solos son los que menos información aportaron al análisis de los hábitats en cuestión, mientras que los datos de censos visuales son los que más información aportan para el análisis de las diferencias entre hábitats.
2. Aunque la riqueza de mariposas diurnas entre los hábitats de cafetal con sombra y bosque es estadísticamente igual, la composición es diferente. Esto muestra la importancia de evaluar tanto la riqueza como la abundancia y composición identidad de especies de mariposas diurnas si se desean estudiar aspectos relacionados con la conservación del grupo.
3. Aunque los sistemas de cafetal con sombra evaluados presenten una composición de especies de mariposas diurnas claramente diferente de la presentada por bosque natural, no está claro el valor de estos cafetales en la conservación de mariposas diurnas, pues comparten con bosque muchas especies tolerantes a niveles medios de perturbación para las que podrían estar jugando un papel importante.
4. Los cafetales con dosel de *Inga* y cafetal con sombra mixta mostraron patrones poco consistentes de diferenciación entre sí. Esto hace pensar que existen otros factores que afectan la distribución de mariposas que los aquí evaluados.

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda que los futuros estudios de mariposas diurnas en cafetales hagan énfasis en los censos visuales, que aunque requieren más esfuerzo por parte del investigador, podrían brindar información ecológica más completa que la proporcionada por los datos recabados solamente por medio de trampeo. Además, se recomienda que estos estudios evalúen y basen sus conclusiones tomando en cuenta la abundancia e identidad de las especies involucradas, y no solamente en la riqueza, especialmente si lo que se pretende es hacer inferencias acerca del valor en la conservación de un hábitat o sistema en particular. También es necesario evaluar más sistemas de sombra, un gradiente de diversificación más amplio, realizar estudios a largo plazo, así como considerar otros factores que podrían correlacionarse con cambios en el ensamble de mariposas diurnas para determinar si otros tipos de cafetales con sombra podrían presentar mayores promesas en la conservación, tanto de mariposas diurnas como de otros taxa, ya sea directa o indirectamente.

VII. LITERATURA CITADA

- Armbrrecht, I. e I. Perfecto. 2001. **Diversidad de artrópodos en los agroecosistemas cafeteros.** En: Monro, A., y M. C. Peña (eds.). **Actas del Simposio de Café y Diversidad.** Revista de Protección Vegetal 12(2). Pp. 11-16.
- Austin, G. T.; N. M. Haddad; C. Méndez; T. D. Sisk; D. D. Murphy; A. E. Launer y P. R. Ehrlich. 1996. **Annotated checklist of the butterflies of the Tikal National Park area of Guatemala.** Tropical Lepidoptera 7(1):21-37.
- ; C. Méndez y A. E. Launer. 2000. **A preliminary checklist of guatemalan butterflies: HesperIIDae (Lepidoptera: Hesperoidea).** Tropical Lepidoptera 9(2):8-18.
- Beccaloni, G. W.; M. J. Scoble; G. S. Robinson y B. Pitkin (eds.). 2003. **The global lepidoptera names index.** Natural History Museum, London. [base de datos en línea] en: <<http://www.nhm.ac.uk/entomology/lepindex>> [con acceso el 15 abril 2005].
- Brown Jr., K. S. y A. V. L. Freitas. 2000. **Atlantic forest butterflies: indicators for landscape conservation.** Biotropica 32(4b):934-956.
- Caro, T. M. y G. O'Doherty. 1999. **On the use of surrogate species in conservation biology.** Conservation Biology 13(4):805-814.
- Collins, N. M. y M. G. Morris. 1985. **Threatened swallowtail butterflies of the world.** The UICN Red Data Book. UICN, Gland y Cambridge. 401 pp.
- y S. M. Wells. 1987. **Invertebrates in need of special protection in Europe.** Nature and environment series No. 35. Council of Europe, Strabourg. 162 pp.
- De la Maza, R. 1987. **Mariposas mexicanas: guía para su colecta y determinación.** Fondo de Cultura Económica, México, D. F. 300pp.
- DeVries, P. J. 1987. **The butterflies of Costa Rica and their natural history. Vol. I: Papilionidae, Pieridae and Nymphalidae.** Princeton University Press, New Jersey. 327 pp.
- , 1997. **The butterflies of Costa Rica and their natural history. Vol. II: Riodinidae.** Princeton University Press, New Jersey. 287 pp.
- ; D. Murray y R. Lande. 1997. **Species diversity in vertical, horizontal, and temporal dimensions of a fruit-feeding butterfly community in an Ecuadorian rainforest.** Biological Journal of the Linnean Society 62:343-364.
- García, F. 1995. **Hombres de café.** ANADATA, Asociación Nacional del Café, Guatemala. 166 pp.
- Gilbert, L. E. y M. C. Singer. 1975. **Butterfly ecology.** Annual Review of Ecology and Systematics 6:365-397.
- Greenberg, R.; P. Bichier y J. Sterling. 1997. **Bird populations in rustic and planted shade coffee plantations of Eastern Chiapas, Mexico.** Biotropica 29:501-514.
- Hill, J. C.; K. C. Hamer; L. A. Lace y W. M. T. Banham. 1995. **Effects of selective logging on tropical forest butterflies on Buru, Indonesia.** Journal of Applied Ecology 32:754-760.

- Hurlbert, S. H. 1984. **Pseudoreplication and the design of ecological field experiments**. Ecological Monographs 54(2):187-211.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH-. 2000. **Estaciones metereológicas, departamento de Suchitepéquez**. [web en línea] en: <<http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/ESTACIONES/ESTACIONES%20SUCHITEPEQUEZ.htm>> [con acceso el 24 de mayo 2004].
- Kerr, J. T. 2001. **Butterfly species richness patterns in Canada: energy, heterogeneity and the potential consequences of climate change**. Conservation Ecology 5(1):10. [publicación en línea] en: <<http://www.consecol.org/vol5/iss1/art10>> [con acceso el 04 de junio 2002].
- ; A. Sugar y L. Packer. 2000. **Indicator taxa, rapid biodiversity assessment and nestedness in an endangered ecosystem**. Conservation Biology 14(6):1726-1734.
- Kremen, C. 1992. **Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring**. Ecological Applications 2(2):203-217.
- , 1994. **Biological inventory using target taxa: a case study of the butterflies of Madagascar**. Ecological Applications 4(3):407-422.
- ; R. K. Colwell; T. L. Erwin; D. D. Murphy; R. F. Noss y M. A. Sanjayan. 1993. **Terrestrial arthropod assemblages: their use in conservation planning**. Conservation Biology 7(4):796-808.
- Lamas, G. 1999. **Estado actual del conocimiento de la sistemática de los lepidópteros, con especial referencia a la región neotropical**. En: Martín-Piera, F.; J. J. Morrone y A. Melic (eds.). **Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PrIBES 2000**. Monografías Tercer Milenio, Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza 1:261-274.
- Lemmon, P. E. 1957. **A new instrument for measuring forest overstory density**. Journal of Forestry 55(9):667-668.
- López, E. E. y A. Mendoza. 1999. **Manual de caficultura orgánica**. Asociación Nacional del Café, Guatemala. 159 pp.
- Ludwig, J. A. y J. F. Reynolds. 1988. **Statistical ecology: a primer on methods and computing**. John Wiley & Sons, New York. 337 pp. [programa informático en línea] disponible desde Internet en: <http://nhsbig.inhs.uiuc.edu/wes/ludwig_and_reynolds.html> [con acceso 2004-2005]
- McCune, B. y M. J. Mefford. 1999. **Multivariate analysis of ecological data**. Versión 4.25. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon.
- Mas, A. H. 1999. **Butterflies as biodiversity indicators and shade coffee certification in Chiapas, Mexico**. Tesis de *M. Sc.* Universidad de Michigan, School of Natural Resources and Environment, Ann Arbor. *Apud*: Perfecto, I. e I. Armbrrecht. 2003. **The coffee agroecosystem in the neotropics: combining ecological and economic goals**. En: Vandermeer, J. (ed.). **Tropical agroecosystems**. Advances in Agroecology Series, CRC Press LLC, New York. Pp. 157-192.
- y T. V. Dietsch. 2003. **An index of management intensity for coffee agroecosystems to evaluate butterfly species richness**. Ecological Applications 13(5):1491-1501.

- y -----. 2004. **Linking shade coffee certification to biodiversity conservation: butterflies and birds in Chiapas, Mexico.** *Ecological Applications* 14(3):642-654.
- Matson, P. A.; W. J. Parton; A. G. Power y M. J. Swift. 1997. **Agricultural intensification and ecosystem properties.** *Science* 277:504-509.
- Meyer, W. B. y B. L. Turner II. 1992. **Human population growth and global land-use/cover change.** *Annual Review of Ecology and Systematics* 23:39-61.
- Moguel, P. y V. M. Toledo. 1999. **Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico.** *Conservation Biology* 13(1):11-21.
- Morales, G.; P. Nabhan; B. Pavlik; V. Tepedino; P. Torchio y S. Walker. 1998. **The potential consequences of pollinator declines on the conservation of biodiversity and stability of food crop yields.** *Conservation Biology* 12(2):8-17.
- New, T. R.; R. M. Pyle; J. A. Thomas; C. D. Thomas y P. C. Hammond. 1995. **Butterfly conservation management.** *Annual Review of Entomology* 40:57-83.
- Pearman, P. 1997. **Correlates of amphibian diversity in an altered landscape of Amazonian Ecuador.** *Conservation Biology* 11(5):1211-1225.
- Peet, R. K. 1974. **The measurement of species diversity.** *Annual Review of Ecology and Systematics* 5:258-307.
- Perfecto, I.; J. Vandermeer; A. Mas y L. Soto Pinto. 2005. **Biodiversity, yield, and shade coffee certification.** *Ecological Economics* 54:435-446.
- ; e I. Armbrrecht. 2003. **The coffee agroecosystem in the neotropics: combining ecological and economic goals.** En: Vandermeer, J. (ed.). **Tropical agroecosystems.** *Advances in Agroecology Series*, CRC Press LLC, New York. Pp. 157-192.
- ; A. H. Mas; T. Dietsch y J. Vandermeer. 2003. **Species richness along an agricultural intensification gradient: a tri-taxa comparison in shade coffee in southern Mexico.** *Biodiversity and Conservation* 12:1239-1252.
- y J. Vandermeer. 2002. **Quality of agroecological matrix in a tropical montane landscape: ants in coffee plantations in southern Mexico.** *Conservation Biology* 16(1):174-182.
- y R. Snelling. 1995. **Biodiversity and the transformation of a tropical agroecosystem: ants in coffee plantations.** *Ecological Applications* 5(4): 1084-1097.
- Potvin, C. 1993. **ANOVA: experimental layout and analysis.** En: Scheiner, S. M. y J. Gurevitch (eds.). **Design and analysis of ecological experiments.** Chapman y Hall, New York. Pp. 63-76.
- Rice, R. A. y J. R. Ward. 1996. **Coffee, conservation and commerce in the Western Hemisphere: how individuals and institutions can promote ecologically sound farming and forest management in Northern Latin America.** Smithsonian Migratory Bird Center y Natural Resources Defense Council, Washington, D. C y New York. 43 pp. [publicación en línea] en:
<<http://www.nrdc.org/health/farming/ccf/>> [con acceso el 18 de septiembre 2003].
- Smith, R. L. 1980. **Ecology and field biology.** 3a. ed. Harper & Row Publishers, New York. 835 pp.
- Sparrow, H. R.; T. D. Sisk; P. R. Ehrlich y D. D. Murphy. 1994. **Techniques and guidelines for**

- monitoring neotropical butterflies.** Conservation Biology 8(3):800-809.
- SPSS Inc. 1999. **SPSS base 9.0 and advanced models 9.0.** Chicago, Illinois.
- Von Ende, C. N. 1993. **Repeated-measures analysis : growth and other time-dependent measures.**
En: Scheiner, S. M. y J. Gurevitch (eds.). **Design and analysis of ecological experiments.**
Chapman y Hall, New York. Pp. 134-157.
- Wagner, R. 2001. **Historia del café de Guatemala.** Villegas Editores, Bogotá. 223 pp.
- Wunderlich, C. 2002. **The environmental significance of coffee certification programs in Mexico (Organic, Fair Trade, Eco-O.K., and Bird Friendly).** Consumer's Choice Council. 46pp.
[publicación en línea] en:
<http://www.wto.org/english/forums_e/ngo_e/ccc_mexican_coffee_e.doc> [con acceso el 04 de agosto 2005].

VIII. APÉNDICES

Apéndice 1. Hoja para toma de datos de cobertura vegetal y características del terreno por unidad experimental.

DATOS DE COBERTURA VEGETAL

Transecto No.:		Hábitat:										Altitud:		m SNM						
Fecha:		Localidad:										Pendiente:		/		/				
% Apertura dosel	Pto. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10										
N																				
S																				
E																				
O																				
Contactos Sotobosque (si/no)																				
Lado/ D Pto.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I																				
Arbol No.	Especie/Nombre común										Circunferencia (cm)		Altura (m)	Diámetro copa (m)	Observaciones					

Hábitats: bosque, cafetal con sombra de *Inga*, cafetal con sombra mixta. Localidades: El Retiro, Chipacay, Tarrales.

D=derecha; I=izquierda. Muestreo para árboles con Diámetro a la Altura del Pecho ≥ 10 cm (circunferencia ≥ 31.4 cm) dentro de transecto de 10 x 100 m (0.1 ha). Las medidas para calcular el % de apertura del dosel se tomaron con un densitómetro esférico mirando al norte, sur, este y oeste en 10 puntos equidistantes (cada 10 m) a lo largo del transecto. Las medidas para calcular la densidad del sotobosque se tomaron con una vara de 2m, contando el número de veces que ésta tocó vegetación viva (si/no) al ser colocada verticalmente en el suelo cada 5m (20 puntos) a ambos lados del transecto. La pendiente se tomó con un hipsómetro en el punto medio y extremos del transecto. La altitud se tomó como el promedio de 10 lecturas tomadas en cada una de las estaciones del trampeo.

Apéndice 2. Inventario de vegetación para las unidades experimentales de cafetal con sombra de *Inga*, cafetal con sombra mixta y bosque.

1. SOMBRA *INGA*
El Retiro -IER-

Especie No.	Especie/Nombre común	Familia	Abundancia	\bar{x} DAP (cm)	\bar{x} Altura (m)	\bar{x} Diámetro copa (m)
1	<i>Inga</i> sp.	Mimosaceae	21	23.3	8.2	5.7
2	<i>Musa sapientum</i> L.	Musaceae	13	15.7	5.7	4.2
3	<i>Yucca elephantipes</i> Regel.	Agavaceae	4	12.7	2.0	1.6
4	<i>Trema micrantha</i> (L.) Bl.	Ulmaceae	1	43.6	15.0	8.5
Total			39			

2. SOMBRA *INGA*
Chipacay -IC-

Especie No.	Especie/Nombre común	Familia	Abundancia	\bar{x} DAP (cm)	\bar{x} Altura (m)	\bar{x} Diámetro copa (m)
1	<i>Inga</i> sp.	Mimosaceae	29	26.8	6.8	4.2
2	<i>Musa sapientum</i> L.	Musaceae	31	13.6	2.6	2.2
3	<i>Yucca elephantipes</i> Regel.	Agavaceae	1	19.7	3.0	2.0
4	sp. 1		3	13.8	6.3	4.3
Total			64			

3. SOMBRA *INGA*
Tarrales -IT-

Especie No.	Especie/Nombre común	Familia	Abundancia	\bar{x} DAP (cm)	\bar{x} Altura (m)	\bar{x} Diámetro copa (m)
1	<i>Inga</i> sp.	Mimosaceae	22	22.8	6.2	4.7
2	<i>Yucca elephantipes</i> Regel.	Agavaceae	4	18.2	7.0	0.5
3	<i>Trema micrantha</i> (L.) Bl.	Ulmaceae	2	54.0	5.8	11.0
4	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	2	56.3	8.0	5.5
5	<i>Ficus</i> sp.	Moraceae	1	14.0	2.5	2.5
6	<i>Psidium</i> sp.	Myrtaceae	1	19.6	5.0	3.0
Total			32			

1. SOMBRA MIXTA
El Retiro -MER-

Especie No.	Especie/Nombre común	Familia	Abundancia	\bar{x} DAP (cm)	\bar{x} Altura (m)	\bar{x} Diámetro copa (m)
1	<i>Erythrina</i> sp.	Fabaceae	4	114.0	13.5	8.8
2	<i>Musa sapientum</i> L.	Musaceae	54*2 ¹	20.8	3.6	2.5
3	<i>Inga</i> sp.	Mimosaceae	10	34.2	7.2	4.4
4	sp. 1		1	14.0	7.5	2.5
Total			123			

Datos de acuerdo a inventario en transecto de 10 x 100 m tomando en cuenta todos los especímenes vegetales con diámetro ≥ 10 cm.

DAP=diámetro a la altura del pecho; \bar{x} =promedio

¹El inventario de banano (*Musa sapientum* L.) se realizó en un subtransecto de 10 x 50 m

2. SOMBRA MIXTA

Chipacay -MC-

Especie No.	Especie/Nombre común	Familia	Abundancia	\bar{x} DAP (cm)	\bar{x} Altura (m)	\bar{x} Diámetro copa (m)
1	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	7	20.6	8.0	4.1
2	sp. 1		3	46.6	13.3	8.7
3	<i>Inga</i> sp.	Mimosaceae	4	15.5	5.8	6.0
4	<i>Musa sapientum</i> L.	Musaceae	35	15.7	3.8	4.6
5	sp. 2	Asteraceae ?	1	79.7	10.0	8.0
6	<i>Erythrina</i> sp.	Fabaceae	3	52.0	14.0	9.3
7	sp. 3	Caesalpinaceae ?	2	40.4	10.0	14.0
total			55			

3. SOMBRA MIXTA

Tarrales -MT-

Especie No.	Especie/Nombre común	Familia	Abundancia	\bar{x} DAP (cm)	\bar{x} Altura (m)	\bar{x} Diámetro copa (m)
1	<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	Meliaceae	8	54.7	10.2	8.3
2	<i>Inga</i> sp.	Mimosaceae	11	24.2	7.9	4.2
3	<i>Yucca elephantipes</i> Regel.	Agavaceae	1	12.4	3.5	0.6
4	sp. 1		1	34.9	10.0	6.0
5	sp. 2	Solanaceae	1	9.9	5.0	5.0
6	sp. 3	Asteraceae ?	2	14.9	6.0	1.3
7	sp. 4		2	29.0	7.0	10.0
Total			26			

1. BOSQUE

El Retiro -BER-

Especie No.	Especie/Nombre común	Familia	Abundancia	\bar{x} DAP (cm)	\bar{x} Altura (m)	\bar{x} Diámetro copa (m)
1	<i>Calophyllum brasiliense</i> var. <i>rekoii</i> Standl.	Clusiaceae	2	38.5	12.0	8.0
2	sp. 1		31	24.3	10.8	4.6
3	sp. 2	Melastomaceae	3	27.6	10.7	6.0
4	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg	Burseraceae	1	31.8	10.0	4.0
5	sp. 3		1	12.1	8.0	6.0
6	sp. 4		1	16.2	8.0	4.0
7	sp. 5		1	19.4	8.0	2.0
8	sp. 6		9	18.7	7.7	5.8
9	<i>Croton</i> sp.	Euphorbiaceae	1	27.1	12.0	6.0
10	sp. 7		2	22.4	7.0	8.0
11	sp. 8		8	25.2	10.1	5.5
12	<i>Senecio arborescens</i> Steetz	Asteraceae	1	18.8	12.0	6.0
13	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Moraceae	2	14.0	6.5	4.0
14	<i>Belotia mexicana</i> (DC.) Schum.	Tiliaceae	2	10.4	5.0	6.0
15	sp. 9		2	25.9	9.0	6.0
16	sp. 10		1	11.5	12.0	4.0
17	sp. 11		1	22.3	4.0	6.0
total			69			

Datos de acuerdo a inventario en transecto de 10 x 100 m tomando en cuenta todos los especímenes vegetales con diámetro ≥ 10 cm.

DAP=diámetro a la altura del pecho; \bar{x} =promedio

2. BOSQUE
Chipacay -BC-

Especie No.	Especie/Nombre común	Familia	Abundancia	\bar{x} DAP (cm)	\bar{x} Altura (m)	\bar{x} Diámetro copa (m)
1	sp. 1		2	19.9	11.1	5.3
2	sp. 2		3	31.8	11.7	6.7
3	sp. 3		1	45.2	12.0	8.0
4	sp. 4		27	20.0	11.4	4.7
5	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	3	17.7	10.7	4.3
6	<i>Acacia hindsii</i> Benth.	Mimosaceae	2	11.1	9.0	3.5
7	<i>Myriocarpa longipes</i> Liebm.	Urticaceae	1	14.6	6.0	4.0
8	<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg	Burseraceae	5	28.0	12.8	5.6
9	<i>Erythrina</i> sp.	Fabaceae	4	16.9	8.0	4.0
10	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) Decne. & Planchon	Araliaceae	11	32.7	10.2	5.8
11	Volador	Verbenaceae	5	29.6	12.2	5.5
12	sp. 5		6	23.0	9.3	5.5
13	<i>Quercus</i> sp. ?	Fagaceae	1	34.7	10.0	6.0
14	sp. 6		1	47.1	15.0	8.0
15	sp. 7		3	20.4	10.7	5.0
16	sp. 8	Asteraceae ?	1	23.6	15.0	6.0
17	sp. 9		2	26.3	12.0	5.0
18	sp. 10		1	18.8	6.0	6.0
19	<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	Moraceae	1	22.6	12.0	4.0
total			80			

3. BOSQUE
Tarrales -BT-

Especie No.	Especie/Nombre común	Familia	Abundancia	\bar{x} DAP (cm)	\bar{x} Altura (m)	\bar{x} Diámetro copa (m)
1	sp. 1		14	21.5	9.2	4.7
2	<i>Tonduzia longifolia</i> Woodson	Apocynaceae	3	21.8	8.7	6.7
3	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	Boraginaceae	8	15.3	8.8	3.2
4	sp. 2	Clusiaceae	1	26.6	8.0	4.0
5	sp. 3	(O. Leguminosae)	7	17.7	8.5	4.9
6	sp. 4	Melastomaceae	2	16.5	10.0	6.0
7	sp. 5		1	18.5	10.0	4.0
8	sp. 6		6	19.9	8.0	5.4
9	<i>Calophyllum brasiliense</i> var. <i>rekoii</i> Standl.	Clusiaceae	3	14.4	10.0	4.3
10	sp. 7	Bombacaceae	6	28.9	7.7	4.8
11	<i>Croton</i> sp.	Euphorbiaceae	5	17.0	10.0	3.0
12	sp. 8	Mimosaceae	5	20.9	9.8	3.6
13	sp. 9	Fagaceae	1	12.3	10.0	3.0
14	sp. 10		1	10.8	7.0	1.0
total			63			

Datos de acuerdo a inventario en transecto de 10 x 100 m tomando en cuenta todos los especímenes vegetales con diámetro \geq 10 cm.

DAP=diámetro a la altura del pecho; \bar{x} =promedio

Apéndice 3. Datos de densidad del dosel para las unidades experimentales de cafetal con sombra de *Inga*, cafetal con sombra mixta y bosque.

1. SOMBRA <i>INGA</i> El Retiro -IER-												
%APERTURA dosel	Punto 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%APERTURA	%SOMBRA
N	56	50	41	34	26	36	44	55	32	18		
S	39	38	45	24	25	38	38	55	53	8		
E	51	36	42	21	13	27	45	34	46	17		
O	22	36	41	18	24	34	22	36	42	21		
Promedio	42.0	40.0	42.3	24.3	22.0	33.8	37.3	45.0	43.3	16.0	34.6	65.4

2. SOMBRA <i>INGA</i> Chipacay -IC-												
%APERTURA dosel	Punto 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%APERTURA	%SOMBRA
N	54	28	42	28	24	41	50	44	40	22		
S	20	29	37	34	70	39	55	65	47	40		
E	34	25	40	26	26	41	63	28	18	16		
O	34	22	26	40	26	42	31	22	21	34		
Promedio	35.5	26.0	36.3	32.0	36.5	40.8	49.8	39.8	31.5	28.0	35.6	64.4

3. SOMBRA <i>INGA</i> Tarrales -IT-												
%APERTURA dosel	Punto 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%APERTURA	%SOMBRA
N	36	23	33	24	43	41	33	30	26	37		
S	32	22	22	44	38	33	21	39	28	38		
E	36	24	36	27	33	20	26	19	27	22		
O	26	15	38	27	33	32	42	21	27	22		
Promedio	32.5	21.0	32.3	30.5	36.8	31.5	30.5	27.3	27.0	29.8	29.9	70.1

1. SOMBRA MIXTA El Retiro -MER-												
%APERTURA dosel	Punto 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%APERTURA	%SOMBRA
N	18	10	29	32	36	66	57	27	28	32		
S	46	14	29	19	18	37	27	31	26	55		
E	31	17	33	24	25	59	22	37	26	28		
O	42	29	26	35	43	38	32	30	55	35		
Promedio	34.3	17.5	29.3	27.5	30.5	50.0	34.5	31.3	33.8	37.5	32.6	67.4

Mediciones tomadas con un densitómetro esférico mirando al norte, sur, este y oeste en 10 puntos equidistantes a ambos lados de transecto de 10 x 100 m. La lectura final para cada punto representa el promedio de las cuatro lecturas realizadas en él, mientras que el porcentaje de apertura del dosel es el promedio de las lecturas realizadas en los 10 puntos del transecto. El porcentaje de sombra representa el complemento del dato de apertura del dosel multiplicado por 1.04. N=norte; S=sur; E=este; O=oeste

2. SOMBRA MIXTA
Chipacay -MC-

%APERTURA												
dosel	Punto 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%APERTURA	%SOMBRA
N	55	39	45	25	34	23	30	27	17	26		
S	14	41	25	29	26	30	10	22	17	14		
E	34	56	27	27	34	40	34	17	11	14		
O	60	65	33	61	48	54	72	10	9	18		
Promedio	40.8	50.3	32.5	35.5	35.5	36.8	36.5	19.0	13.5	18.0	31.8	68.2

3. SOMBRA MIXTA
Tarrales -MT-

%APERTURA												
dosel	Punto 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%APERTURA	%SOMBRA
N	38	32	23	51	71	32	36	35	41	46		
S	47	42	40	53	72	39	46	32	17	57		
E	44	38	16	53	49	42	47	24	40	21		
O	44	33	17	40	44	59	41	32	44	34		
Promedio	43.3	36.3	24.0	49.3	59.0	43.0	42.5	30.8	35.5	39.5	40.3	59.7

1. BOSQUE
El Retiro -BER-

%APERTURA												
dosel	Punto 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%APERTURA	%SOMBRA
N	28	27	40	26	18	30	9	13	15	14		
S	24	23	27	21	12	27	13	28	15	26		
E	12	20	19	16	16	32	30	28	38	31		
O	24	34	33	29	34	15	22	28	27	21		
Promedio	22.0	26.0	29.8	23.0	20.0	26.0	18.5	24.3	23.8	23.0	23.6	76.4

2. BOSQUE
Chipacay -BC-

%APERTURA												
dosel	Punto 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%APERTURA	%SOMBRA
N	15	25	18	11	15	23	21	23	22	36		
S	34	33	15	24	23	34	37	26	48	40		
E	15	29	29	20	19	33	15	20	21	35		
O	11	6	4	15	16	28	13	13	16	10		
Promedio	18.8	23.3	16.5	17.5	18.3	29.5	21.5	20.5	26.8	30.3	22.3	77.7

Mediciones tomadas con un densitómetro esférico mirando al norte, sur, este y oeste en 10 puntos equidistantes a ambos lados de transecto de 10 x 100 m. La lectura final para cada punto representa el promedio de las cuatro lecturas realizadas en él, mientras que el porcentaje de apertura del dosel es el promedio de las lecturas realizadas en los 10 puntos del transecto. El porcentaje de sombra representa el complemento del dato de apertura del dosel multiplicado por 1.04. N=norte; S=sur; E=este; O=oeste

3. BOSQUE													
Tarrales -BT-													
%APERTURA dosel	Punto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	%APERTURA	%SOMBRA
N		26	41	37	32	8	25	23	23	11	20		
S		19	23	22	29	17	19	46	20	25	20		
E		23	27	23	32	12	37	24	14	19	17		
O		31	24	27	30	7	24	22	16	10	12		
Promedio		24.8	28.8	27.3	30.8	11.0	26.3	28.8	18.3	16.3	17.3	22.9	77.1

Mediciones tomadas con un densitómetro esférico mirando al norte, sur, este y oeste en 10 puntos equidistantes a ambos lados de transecto de 10 x 100 m. La lectura final para cada punto representa el promedio de las cuatro lecturas realizadas en él, mientras que el porcentaje de apertura del dosel es el promedio de las lecturas realizadas en los 10 puntos del transecto. El porcentaje de sombra representa el complemento del dato de apertura del dosel multiplicado por 1.04.

N=norte; S=sur; E=este; O=oeste

Apéndice 4. Datos de cobertura del sotobosque para las unidades experimentales de cafetal con sombra de *Inga*, cafetal con sombra mixta y bosque.

1. SOMBRA <i>INGA</i>																						
El Retiro -IER-																						
Lado/ Pto.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total contactos	%SOTO- BOSQUE
D	1	1	1	x	x	x	1	x	x	x	1	x	x	x	1	1	x	1	1	x	45	
I	1	1	1	x	1	1	1	1	x	1	1	x	1	1	1	1	x	x	1	x	70	57.5
2. SOMBRA <i>INGA</i>																						
Chipacay -IC-																						
Lado/ Pto.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total contactos	%SOTO- BOSQUE
D	x	1	x	1	1	1	1	x	1	x	x	x	x	x	x	1	1	1	1	1	55	
I	x	x	1	1	1	1	1	1	x	1	x	1	1	x	x	x	1	1	x	1	60	57.5
3. SOMBRA <i>INGA</i>																						
Tarrales -IT-																						
Lado/ Pto.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total contactos	%SOTO- BOSQUE
D	x	1	1	1	x	x	x	1	1	1	x	x	x	1	1	1	x	x	1	x	50	
I	x	x	1	1	x	x	x	1	x	1	1	x	1	1	x	1	1	x	1	x	50	50

Mediciones realizadas al contar el número de contactos (si/no) de vegetación viva del sotobosque con una vara de 2m colocada verticalmente en 20 puntos a ambos lados de transecto de 10 x 100 m. El porcentaje de cobertura del sotobosque se calculó como el promedio del dato obtenido en cada uno de los lados del transecto, asumiendo que un contacto en todos los 20 puntos representa 100% de cobertura y ningún contacto 0% de cobertura. 1=si; x=no. D=derecho; I=izquierdo.

1. SOMBRA MIXTA																						
El Retiro -MER-																						
Lado/ Pto.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total contactos	%SOTO-BOSQUE
D	1	x	1	1	x	x	1	x	1	x	1	x	X	x	x	x	1	x	1	x	40	
I	1	1	1	1	1	1	1	x	x	x	1	1	X	x	x	x	x	1	x	1	55	47.5
2. SOMBRA MIXTA																						
Chipacay -MC-																						
Lado/ Pto.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total contactos	%SOTO-BOSQUE
D	1	x	1	1	1	x	1	1	x	1	1	1	X	x	x	x	1	1	1	1	65	
I	x	1	1	1	1	1	1	1	x	x	x	x	1	x	1	1	x	x	x	1	55	60
3. SOMBRA MIXTA																						
Tarrales -MT-																						
Lado/ Pto.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total contactos	%SOTO-BOSQUE
D	x	1	1	1	x	1	x	1	x	x	1	1	1	x	1	x	1	x	x	x	50	
I	1	1	1	1	x	x	1	1	x	1	x	x	1	x	1	x	x	1	x	x	50	50
1. BOSQUE																						
El Retiro -BER-																						
Lado/ Pto.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total contactos	%SOTO-BOSQUE
D	1	1	1	1	1	1	1	1	x	x	x	x	x	1	1	1	x	x	1	60		
I	x	1	x	1	1	1	1	x	x	1	x	x	1	1	1	x	1	x	x	1	55	57.5
2. BOSQUE																						
Chipacay -BC-																						
Lado/ Pto.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total contactos	%SOTO-BOSQUE
D	x	1	1	1	1	x	x	1	x	x	x	x	x	1	x	x	1	1	1	1	50	
I	1	1	1	x	1	1	1	1	x	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	1	85	67.5
3. BOSQUE																						
Tarrales -BT-																						
Lado/ Pto.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total contactos	%SOTO-BOSQUE
D	1	1	1	x	1	x	x	x	1	1	1	1	x	1	1	1	1	1	1	1	75	
I	x	1	x	1	x	x	1	x	x	1	x	1	x	1	x	x	x	x	x	x	30	52.5

Mediciones realizadas al contar el número de contactos (si/no) de vegetación viva del sotobosque con una vara de 2m colocada verticalmente en 20 puntos a ambos lados de transecto de 10 x 100 m. El porcentaje de cobertura del sotobosque se calculó como el promedio del dato obtenido en cada uno de los lados del transecto, asumiendo que un contacto en todos los 20 puntos representa 100% de cobertura y ningún contacto 0% de cobertura. I=si; x=no. D=derecho; I=izquierdo.

Apéndice 6. Valores de significancia (Pillai's Trace) obtenidos en las comparaciones estadísticas entre hábitats de acuerdo a diferentes variables ambientales y de cobertura vegetal.

	Variable dependiente	Significancia
HABITAT	Altitud (m SNM)	.974
	Pendiente	.218
	% <i>Inga</i>	.001*
	<i>n</i>	.000*
	Riqueza	.000*
	Heterogeneidad (H')	.002*
	<i>Ln</i> DAP promedio	.016*
	Altura promedio	.023*
	Diámetro copa promedio	.195
	Densidad (<i>n</i> /100m ²)	.000*
	Densidad dosel (%)	.008*
	D. sotobosque (%)	.475

Post-hoc Tukey				
% <i>Inga</i>	Bosque – <i>S. Inga</i>	.001*	<i>Inga</i> - Mixta	.021*
	- Mixta	.023*		
<i>n</i>	Bosque – <i>Inga</i>	.000*	<i>Inga</i> - Mixta	.402
	- Mixta	.000*		
Riqueza	Bosque – <i>Inga</i>	.000*	<i>Inga</i> - Mixta	.491
	- Mixta	.001*		
Heterogeneidad (H')	Bosque – <i>Inga</i>	.001*	<i>Inga</i> - Mixta	.047*
	- Mixta	.027*		
<i>Ln</i> DAP promedio	Bosque – <i>Inga</i>	.697	<i>Inga</i> - Mixta	.044*
	- Mixta	.017*		
Altura promedio	Bosque – <i>Inga</i>	.021*	<i>Inga</i> - Mixta	.081
	- Mixta	.545		
Densidad (<i>n</i> /100m ²)	Bosque – <i>Inga</i>	.001*	<i>Inga</i> - Mixta	.300
	- Mixta	.000*		
Densidad dosel (%)	Bosque – <i>Inga</i>	.018*	<i>Inga</i> - Mixta	.837
	- Mixta	.010*		

*los efectos con un valor de significancia <.05 son estadísticamente significativos. N=abundancia de árboles de sombra; H'=índice de Shannon-Weaver; DAP=diámetro a la altura del pecho. Todos los datos, con excepción de la altitud, pendiente fueron y densidad del sotobosque se refieren a árboles dentro de los transectos muestreados.

Apéndice 7. Resumen de valores de abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas diurnas por unidad experimental, fecha y método de muestreo.

	Unidad/ Fecha	TOTALES			TRAMPAS			VISUALES			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
ABUNDANCIA	Cafetal	IER	26	54	56	8	9	12	18	45	44
	sombra	IC	50	42	63	2	5	10	48	37	53
	<i>Inga</i>	IT	42	50	49	13	8	8	29	42	41
	Cafetal	MER	27	54	45	0	9	5	27	45	40
	sombra	MC	64	40	49	1	3	3	63	37	46
	mixta	MT	96	85	62	8	9	17	88	76	45
	Bosque	BER	39	29	43	13	6	7	26	23	36
		BC	34	31	30	21	3	8	13	28	22
		BT	70	32	44	41	18	19	29	14	25
RIQUEZA	Cafetal	IER	12	17	21	5	7	10	7	11	11
	sombra	IC	20	15	20	2	2	6	18	14	14
	<i>Inga</i>	IT	18	18	21	8	6	6	10	12	16
	Cafetal	MER	12	20	23	0	6	5	12	15	18
	sombra	MC	27	20	19	1	3	3	26	18	17
	mixta	MT	26	27	22	5	6	11	21	23	13
	Bosque	BER	22	17	23	9	6	6	14	11	18
		BC	21	18	20	12	3	8	10	16	13
		BT	31	22	23	20	12	13	14	12	13
HETEROGENEIDAD (H')	Cafetal	IER	2.1608	2.5262	2.5730	1.5596	1.8892	2.2539	1.5364	2.1800	1.9987
	sombra	IC	2.4045	1.7566	2.3672	.6931	.5004	1.6957	2.3009	1.8043	1.9738
	<i>Inga</i>	IT	2.5960	2.5101	2.6640	1.9513	1.7329	1.6675	1.9889	2.1348	2.3604
	Cafetal	MER	2.2283	2.6687	2.8213	.0000	1.7351	1.6094	2.2283	2.4387	2.5803
	sombra	MC	3.0525	2.6365	2.4988	.0000	1.0986	1.0986	3.0192	2.5611	2.4246
	mixta	MT	2.7850	2.9087	2.8075	1.4942	1.6770	2.2316	2.5895	2.7727	2.3230
	Bosque	BER	2.8681	2.6415	2.9250	2.1384	1.7918	1.7479	2.3315	2.2204	2.6983
		BC	2.7842	2.6478	2.8208	2.3345	1.0986	2.0794	2.1384	2.5643	2.3864
		BT	3.2198	2.9671	2.7456	2.7883	2.3701	2.4516	2.4049	2.4410	2.1851

H'=índice de Shannon-Weaver; ER=El Retiro; C=Chipacay; T=Tarrales

Apéndice 8. Datos cuantitativos totales de mariposas diurnas registradas durante el estudio en unidades de cafetal con sombra de *Inga*, cafetal con sombra mixta y bosque.

I=cafetal con sombra de *Inga*; M=cafetal con sombra mixta; B=bosque; ER=El Retiro; C=Chipacay; T=Tarrales. Se establecieron tres réplicas para cada tratamiento (hábitat). Cada unidad experimental fue muestreada en tres fechas distintas mediante 10 trampas colocadas en un transecto de 450 m y censos visuales en un radio de 20m alrededor de las trampas.

(siguiente página)

	IER1	IER2	IER3	IC1	IC2	IC3	IT1	IT2	IT3	MER1	MER2	MER3	MC1	MC2	MC3	MT1	MT2	MT3	BER1	BER2	BER3	BC1	BC2	BC3	BT1	BT2	BT3	Total
1 <i>Adelpha boeotia</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2
2 <i>Anartia fatima</i>	0	9	2	5	1	5	5	3	6	5	4	8	5	1	1	16	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94
3 <i>Anteos maerula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
4 <i>Archaeoprepona</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	4	
5 <i>A. demophon</i>	2	2	1	0	0	1	3	0	1	0	2	1	0	0	1	0	1	3	2	0	2	3	0	1	4	0	31	
6 <i>A. demophon</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	3	0	11	
7 <i>Caligo uranus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
8 <i>Castilia myia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
9 <i>Catonephele mexicana</i>	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	2	1	1	0	1	0	1	1	15	
10 <i>C. numilia</i>	0	1	1	0	0	2	1	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	2	1	17	
11 <i>Chlosyne gaudealis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
12 <i>Ch. janais</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	
13 <i>Cissia sp. afin a confusa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
14 <i>C. hermes</i>	6	8	11	15	24	21	7	8	12	5	13	5	6	10	15	15	9	12	8	5	6	1	2	0	2	3	234	
15 <i>C. hesione</i>	0	6	6	9	4	11	2	3	1	5	4	5	5	6	5	11	7	6	1	0	0	1	1	0	0	0	99	
16 <i>C. libye</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	0	4	1	1	3	0	0	0	0	0	17	
17 <i>Cyllopsis sp. afin a argentella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
18 <i>Cyllopsis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
19 <i>Colobura dirce</i>	1	2	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	0	0	2	0	0	1	0	16	
20 <i>Consul fabius</i>	2	1	0	0	1	1	0	2	1	1	0	0	2	0	0	0	1	0	2	1	0	0	1	1	2	1	20	
21 <i>Danaus plexippus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
22 <i>Diaethria astala</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
23 <i>Dioriste tauropolis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	5	4	3	11	32	
24 <i>Dircenna klugii</i>	1	3	3	0	0	3	1	3	3	1	0	0	0	3	1	1	0	0	4	4	1	0	2	0	0	0	34	
25 <i>Dismorphia amphione</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	
26 <i>Doxocopa laure</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	
27 <i>Dryas iulia</i>	0	0	0	4	0	1	0	1	0	1	2	0	3	1	1	3	4	2	1	0	0	1	2	1	0	0	29	
28 <i>Epiphile adrasta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
29 <i>Eueides aliphera</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	8	
30 <i>Eumica carena</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	4	
31 <i>Eurema albula</i>	0	4	1	0	1	0	0	1	3	1	4	0	7	1	3	4	2	4	2	2	1	3	1	3	1	0	51	
32 <i>E. mexicana</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	9	
33 <i>E. nise</i>	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	1	0	2	0	1	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	14	
34 <i>E. salome</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	
35 <i>Hamadryas amphinome</i>	1	0	0	0	0	1	2	0	3	0	0	0	0	0	0	3	2	4	0	0	0	4	0	1	2	2	26	
36 <i>H. februa</i>	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	2	6	1	0	0	0	0	0	1	2	0	17	
37 <i>H. laodamia</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	
38 <i>Heliconius charitonius</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
39 <i>H. erato</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	1	8	
40 <i>H. hecale</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
41 <i>H. hecalesia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	3	0	2	0	0	0	1	0	0	1	3	0	0	0	13	
42 <i>H. ismenius</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3	
43 <i>Historis acheronta</i>	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	7	
44 <i>H. odius</i>	0	1	1	0	0	3	3	0	0	0	2	1	0	0	0	2	1	2	0	0	1	0	0	1	5	1	25	
45 <i>Lycorea cleobaea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	5	
46 <i>Mechanitis lysimnia</i>	0	3	2	0	0	2	0	2	2	0	0	0	1	0	1	2	5	1	2	2	0	3	2	0	0	0	30	
47 <i>M. menapis</i>	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
48 <i>M. polymnia</i>	0	1	1	0	2	0	2	1	0	0	0	0	2	0	6	3	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	23	
49 <i>Melinaea ethra</i>	1	7	12	1	1	1	7	13	4	0	3	0	2	1	0	4	8	3	3	1	5	1	1	1	0	1	82	
50 <i>Memphis arginussa</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	5	3	3	17	
51 <i>Memphis euryppyle</i>	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	4	0	3	17	
52 <i>Memphis glycerium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	
53 <i>Memphis morvus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	1	0	6	
54 <i>Memphis pithyusa</i>	2	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	1	3	3	1	0	18	
55 <i>Morpho peleides</i>	0	0	1	1	1	1	3	0	0	0	4	0	6	2	4	1	2	0	2	0	2	7	7	3	3	1	52	
56 <i>Nica flavilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
57 <i>Papilio anchisiades</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	
58 <i>P. cresphontes/P. thoas</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	
59 <i>Parides arcas</i>	7	3	4	0	0	1	2	1	0	4	0	1	0	0	8	4	4	1	0	1	0	1	0	0	0	0	42	
60 <i>Parides sp. Hembra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
61 <i>Phoebis argante/P. agarithe</i>	0	1	0	1	0	1	0	0	0	3	0	3	3	2	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	17	
62 <i>P. sennae</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	
63 <i>Phoebis sp. Hembra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
64 <i>Prepona omphale</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	
65 <i>Satyrinae sp. 1</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	
66 <i>Siderone marthesia</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0																			

Apéndice 9. Datos cuantitativos de mariposas diurnas registradas durante el estudio por medio de censos visuales en unidades de cafetal con sombra de *Inga*, cafetal con sombra mixta y bosque.

	IER1	IER2	IER3	IC1	IC2	IC3	IT1	IT2	IT3	MER1	MER2	MER3	MC1	MC2	MC3	MT1	MT2	MT3	BER1	BER2	BER3	BC1	BC2	BC3	BT1	BT2	BT3	Total
1 <i>Adelpha boeotia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2 <i>Anartia fatima</i>	0	9	2	5	1	5	5	3	6	5	4	8	5	1	1	16	14	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94
3 <i>Anteos maerula</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
4 <i>Castilia myia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5 <i>Catonephele mexicana</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	2	0	1	0	1	0	1	1	13
6 <i>C. numilia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
7 <i>Chlosyne gaudealis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8 <i>Ch. janais</i>	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
9 <i>C. hermes</i>	6	7	11	15	20	21	7	8	12	5	11	5	6	9	14	15	8	11	8	5	5	1	2	0	2	2	3	219
10 <i>C. hesione</i>	0	6	6	9	4	11	2	3	1	5	4	5	5	6	5	11	7	6	1	0	0	0	1	1	0	0	0	99
11 <i>C. libye</i>	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	1	0	4	1	1	3	0	0	0	0	0	0	17
12 <i>Cylopsis sp. afin a argentella</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3
13 <i>Colobura dirce</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
14 <i>Consul fabius</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	6
15 <i>Danaus plexippus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
16 <i>Dioriste tauropolis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	5	4	1	9	27
17 <i>Dircenna klugii</i>	1	3	3	0	0	3	1	3	3	1	0	0	0	0	3	1	1	0	0	4	4	1	0	2	0	0	0	34
18 <i>Dismorphia amphione</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4
19 <i>Doxocopa laure</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
20 <i>Dryas iulia</i>	0	0	0	4	0	1	0	1	0	1	2	0	3	1	1	3	4	2	1	0	0	1	2	1	0	0	1	29
21 <i>Eueides aliphera</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	8
22 <i>Eunica carena</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
23 <i>Eurema albulus</i>	0	4	1	0	1	0	0	1	3	1	4	0	7	1	3	4	2	4	2	2	2	1	3	1	0	1	3	51
24 <i>E. mexicana</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	2	9
25 <i>E. nise</i>	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	1	0	2	0	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	14
26 <i>E. salome</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4
27 <i>H. februa</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	9
28 <i>Heliconius charitonius</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
29 <i>H. erato</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4	1	1	8
30 <i>H. hecale</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
31 <i>H. hecalestia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	3	0	2	0	0	0	0	1	0	0	1	3	0	0	0	0	13
32 <i>H. ismenius</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3
33 <i>Lycorea cleobaea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	5
34 <i>Mechanitis lysimnia</i>	0	3	2	0	0	2	0	2	2	0	0	0	1	0	1	2	5	1	2	2	0	0	3	2	0	0	0	30
35 <i>M. menapis</i>	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
36 <i>M. polynnica</i>	0	1	1	0	2	0	2	1	0	0	0	0	2	0	6	3	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	23
37 <i>Melinaea ethra</i>	1	7	12	1	1	1	7	13	4	0	3	0	2	1	0	4	8	3	3	1	5	1	1	1	0	1	1	82
38 <i>Morpho peleides</i>	0	0	1	1	1	1	3	0	0	0	4	0	6	2	4	1	2	0	1	0	2	4	6	2	2	1	1	45
39 <i>Papilio anchisiades</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
40 <i>P. cresphontes/P. thoas</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
41 <i>Parides arcas</i>	7	3	4	0	0	0	1	2	1	0	4	0	1	0	0	8	4	4	1	0	1	0	0	1	0	0	0	42
42 <i>Parides sp. Hembra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
43 <i>Phoebis argente/P. agarithe</i>	0	1	0	1	0	1	0	0	0	3	0	3	3	2	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	17
44 <i>P. sennae</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7
45 <i>Phoebis sp. Hembra</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
46 <i>Siderone marthesia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
47 <i>Siproeta epaphus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
48 <i>S. stelenes</i>	0	0	1	0	1	1	3	0	1	0	0	2	2	0	4	2	2	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	23
49 <i>Taygetis andromeda/T. sp. afin</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	3	2	0	0	0	0	1	1	0	11
50 <i>T. kerea</i>	0	0	0	2	1	0	0	0	1	0	2	2	0	1	1	1	1	0	0	2	1	0	0	0	6	2	2	25
51 <i>T. virgilia</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4
52 <i>Tegosa anieta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3
53 <i>Tithorea tarricina</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

I=cafetal con sombra de *Inga*, M=cafetal con sombra mixta, B=bosque, ER=El Retiro, C=Chipacay, T=Tarrales. Se establecieron tres réplicas para cada tratamiento (hábitat). Cada unidad experimental fue muestreada en tres fechas distintas mediante censos de mariposas al vuelo en un radio de 20m alrededor de 10 puntos establecidos a lo largo de un transecto de 450 m.

Apéndice 10. Datos cuantitativos de mariposas diurnas registradas durante el estudio mediante trampas en unidades de cafetal con sombra de *Inga*, cafetal con sombra mixta y bosque.

	IER1	IER2	IER3	IC1	IC2	IC3	IT1	IT2	IT3	MER1	MER2	MER3	MCI	MC2	MC3	MT1	MT2	MT3	BER1	BER2	BER3	BC1	BC2	BC3	BT1	BT2	BT3	Total	
1 <i>Adelpha boeotia</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
2 <i>Archaeoprepona amphimachus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	4
3 <i>A. demophon</i>	2	2	1	0	0	1	3	0	1	0	2	1	0	0	1	0	1	3	2	0	2	3	0	1	4	0	1	31	
4 <i>A. demophoon</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	3	0	1	11	
5 <i>Caligo uranus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
6 <i>Catonephele mexicana</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	
7 <i>C. numilia</i>	0	1	1	0	0	2	1	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	1	15	
8 <i>Cissia</i> sp. afin a <i>confusa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
9 <i>C. hermes</i>	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	2	15	
10 <i>Cyllopsis</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
11 <i>Colobura dirce</i>	0	2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	0	0	1	0	10	
12 <i>Consul fabius</i>	2	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0	0	0	1	2	1	0	14	
13 <i>Diaethria astala</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
14 <i>Dioriste tauropolis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	5	
15 <i>Epiphile adrasta</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	
16 <i>Eunica carena</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	
17 <i>Hamadryas amphinome</i>	1	0	0	0	0	1	2	0	3	0	0	0	0	0	0	3	2	4	0	0	0	4	0	1	2	2	1	26	
18 <i>H. februa</i>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	8	
19 <i>H. laodamia</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	
20 <i>Historis acheronta</i>	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	7	
21 <i>H. odius</i>	0	1	1	0	0	3	3	0	0	0	2	1	0	0	0	2	1	2	0	0	1	0	0	1	5	1	1	25	
22 <i>Memphis arginussa</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	5	3	3	17	
23 <i>Memphis euryppyle</i>	1	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	4	0	3	17	
24 <i>Memphis glycerium</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	
25 <i>Memphis morvus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	1	6	
26 <i>Memphis pithyusa</i>	2	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	1	3	3	1	18		
27 <i>Morpho peleides</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	1	1	1	0	0	7	
28 <i>Nica flavilla</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
29 <i>Prepona omphale</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	
30 <i>Satyrinae</i> sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	
31 <i>Siderone marthesia</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3	
32 <i>Taygetis kerea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	
33 <i>Temenis laothoe</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	
34 <i>Zaretis ellops</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	

I=cafetal con sombra de *Inga*; M=cafetal con sombra mixta; B=bosque; ER=El Retiro; C=Chipacay; T=Tarrales. Se establecieron tres réplicas para cada tratamiento (hábitat). Se establecieron tres réplicas para cada tratamiento (hábitat). Cada unidad experimental fue muestreada en tres fechas distintas mediante 10 trampas colocadas en un transecto de 450 m.

Apéndice 11. Valores de significancia obtenidos en las comparaciones estadísticas para el efecto entre-sujetos (hábitat) de acuerdo a abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas diurnas según el método de muestreo. a.) significancias de acuerdo a prueba F. b.) significancias de acuerdo a prueba *post hoc* Tukey para medias específicas.

a. Significancia		Prueba F		
		Totales	Trampas	Visuales
Abundancia		†.234	.262	†.016*
Riqueza		.212	.178	.055
Heterogeneidad		.031*	.164	.003*

b.		<i>Post hoc</i> Tukey		
		Totales		Visuales
Abundancia	<i>S. Inga</i> – Mixta			†.415
	<i>Inga</i> – Bosque			†.072
	Mixta - Bosque			†.014*
Heterogeneidad	<i>Inga</i> – Mixta	.107		.002*
	<i>Inga</i> – Bosque	.029*		.018*
	Mixta - Bosque	.576		.192

*los efectos con un valor de significancia $<.05$ son estadísticamente significativos; † valores calculados con los datos transformados utilizando logaritmo natural. Comparaciones en base a análisis de medidas repetidas de parcela dividida (Medidas repetidas: modelo general linear univariado en SPSS 9.0).

Apéndice 12. Valores de significancia obtenidos en las comparaciones estadísticas para el efecto intra-sujetos (fecha/interacción fecha x hábitat) de acuerdo a abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas diurnas según el método de muestreo.

	Significancia prueba F		
	Totales	Trampas	Visuales
Abundancia	†.783 / †.266	.123 / .004*	†.625 / †.531
Riqueza	.720 / 1.065	.148 / .005*	.997 / .669
Heterogeneidad	.623 / .752	.070 / .016*	.880 / .838

* los efectos con un valor de significancia $<.05$ son estadísticamente significativos; † valores calculados con los datos transformados utilizando logaritmo natural. Comparaciones en base a análisis de medidas repetidas de parcela dividida (Medidas repetidas: modelo general linear univariado en SPSS 9.0).

Apéndice 13. Valores de significancia obtenidos en la prueba de Maulchy para evaluar el supuesto de esfericidad en los datos de abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas diurnas según el método de muestreo.

	Significancia prueba F		
	Totales	Trampas	Visuales
Abundancia	†.544	.774	†.538
Riqueza	.353	.995	.951
Heterogeneidad	.749	.953	.882

Los valores de significancia $>.05$ indican que el supuesto está satisfecho; † valores calculados con los datos transformados utilizando logaritmo natural

Apéndice 14. Valores de significancia obtenidos en la prueba de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas por fecha en los datos de abundancia, riqueza y heterogeneidad de mariposas diurnas según el método de muestreo.

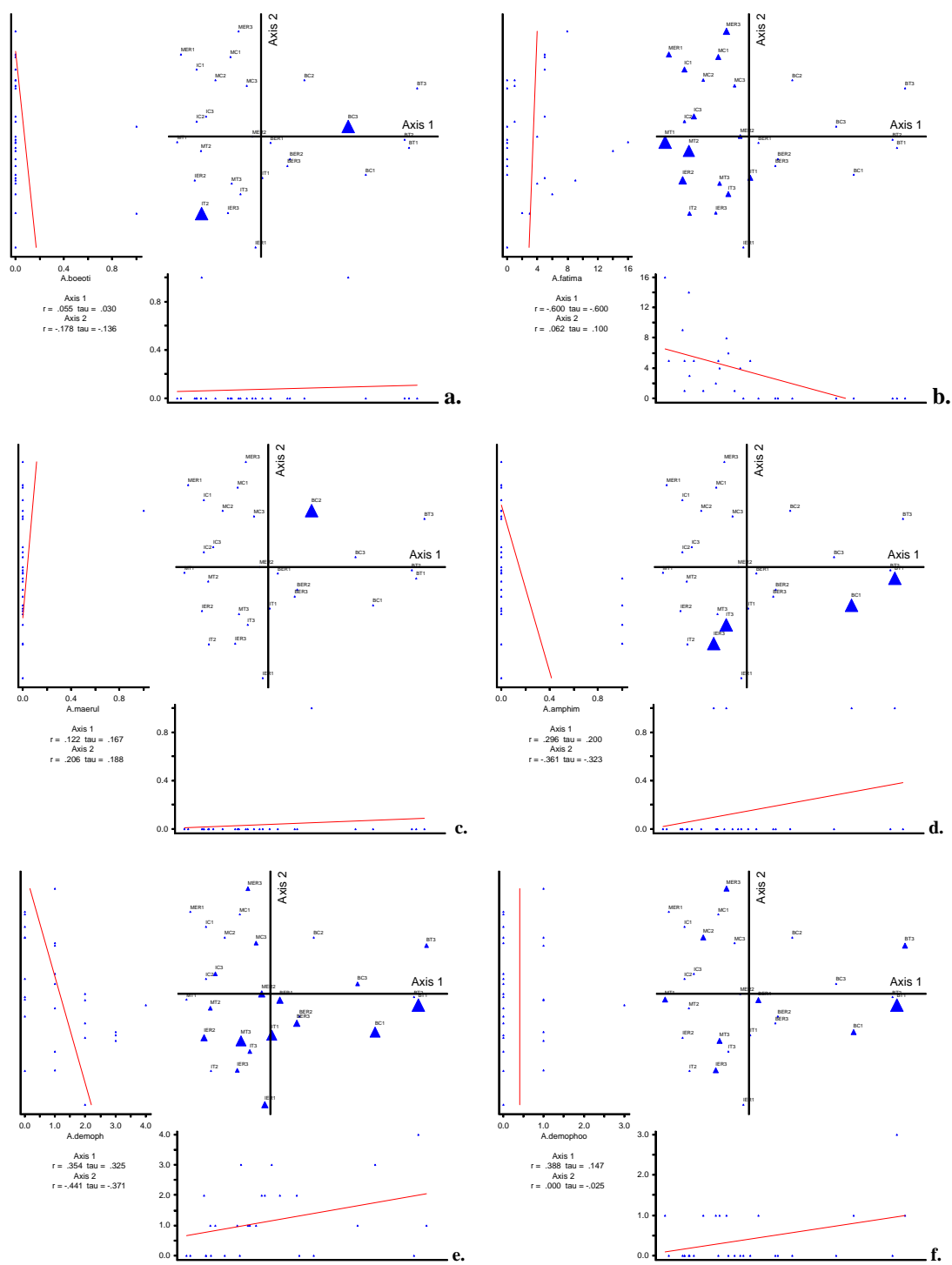
		Significancia prueba F		
		Totales	Trampas	Visuales
Abundancia	fecha 1	†.414 (.387)	.117	†.781 (.248)
	fecha 2	†.108 (.042)	.068	†.168 (.046)
	fecha 3	†.433 (.778)	.087	†.135 (.303)
Riqueza	fecha 1	.245	.288	.287
	fecha 2	.143	.269	.330
	fecha 3	.132	.523	.884
Heterogeneidad	fecha 1	.385	.197	.973
	fecha 2	.057	.397	.186
	fecha 3	.332	.669	.824

Los valores de significancia $>.05$ indican que el supuesto está satisfecho; † valores calculados con los datos transformados utilizando logaritmo natural (la significancia obtenida utilizando datos reales se muestra entre paréntesis).

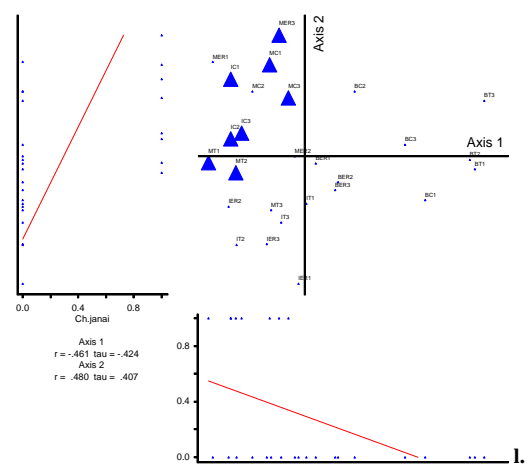
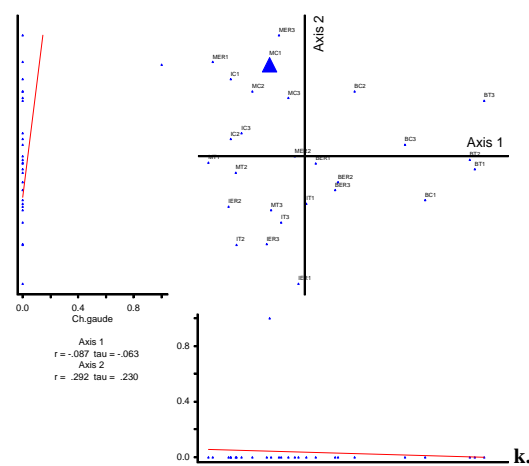
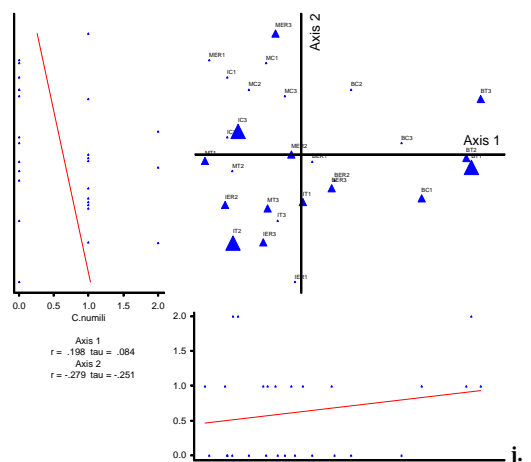
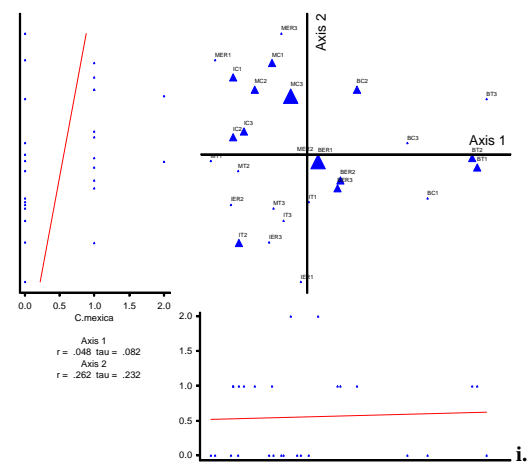
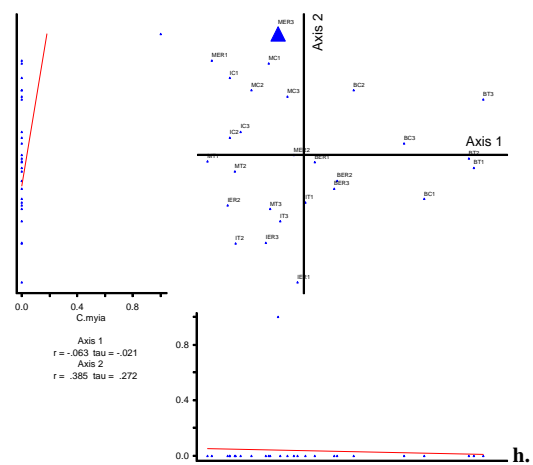
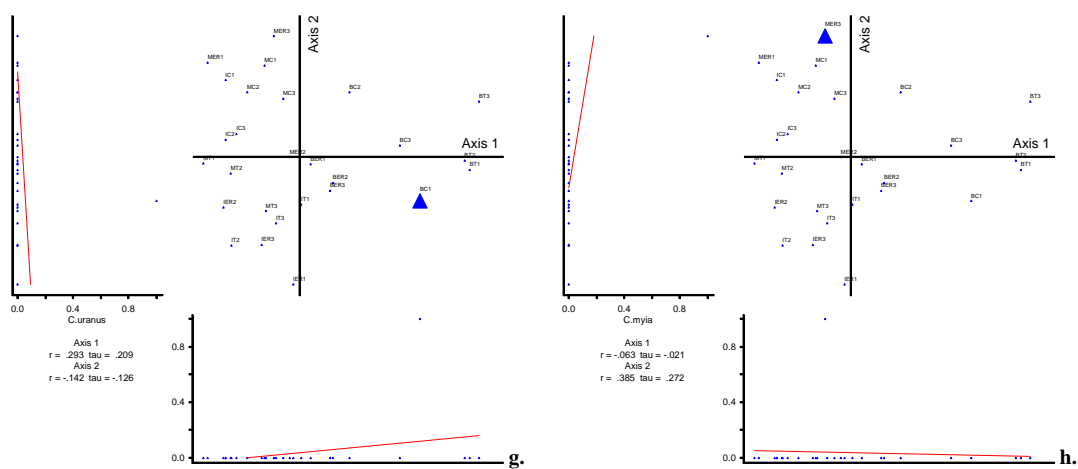
Apéndice 15. Correlaciones de mariposas diurnas por especie relativas a unidades experimentales de café con sombra de *Inga*, café con sombra mixta y bosque de acuerdo a datos cuantitativos totales.

I=cafetal con sombra de *Inga*; M=cafetal con sombra mixta; B=bosque; ER=El Retiro; C=Chipacay; T=Tarrales. Cada unidad experimental fue muestreada en tres fechas distintas mediante trampas y censos visuales.

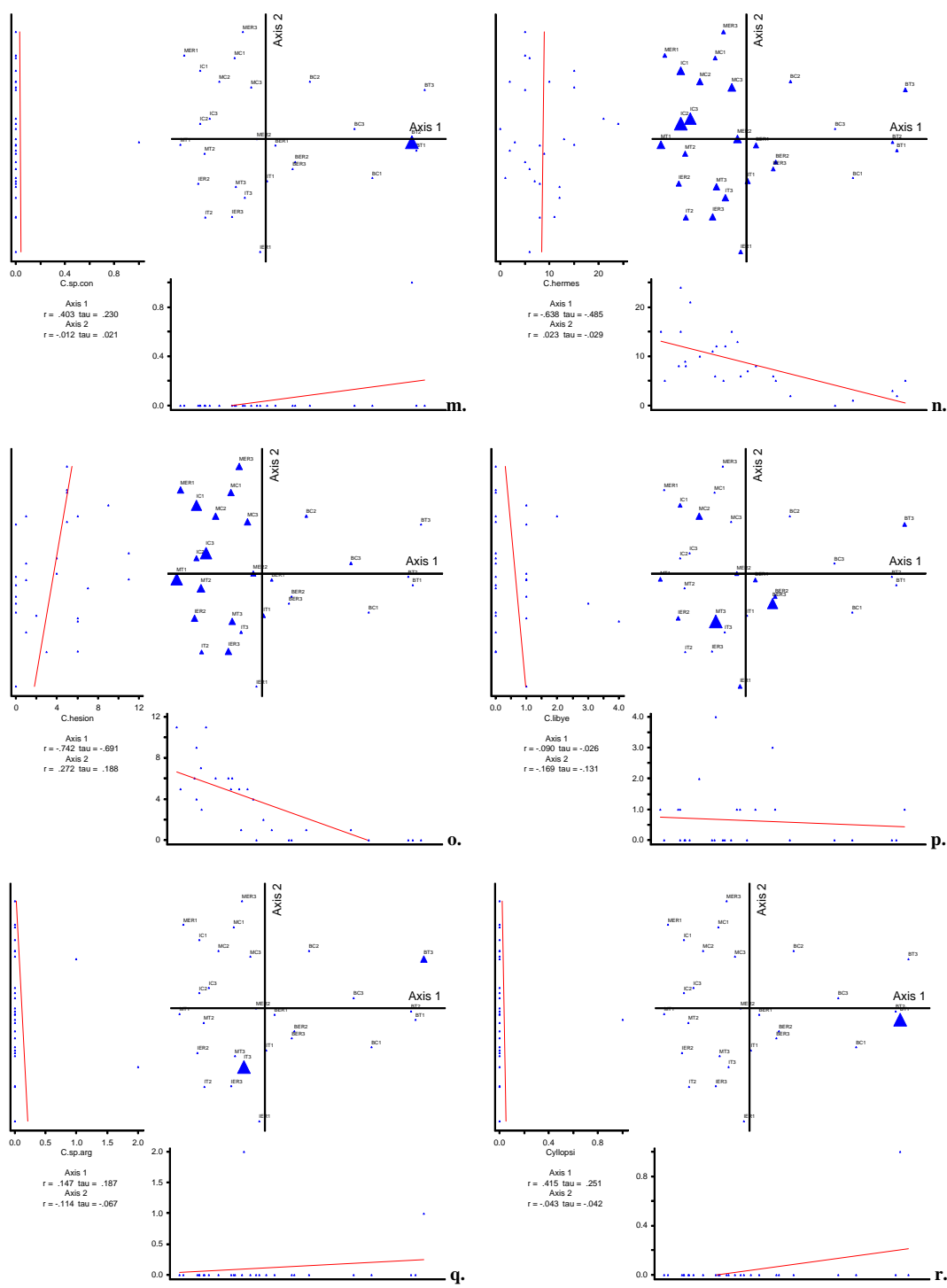
(siguientes páginas)



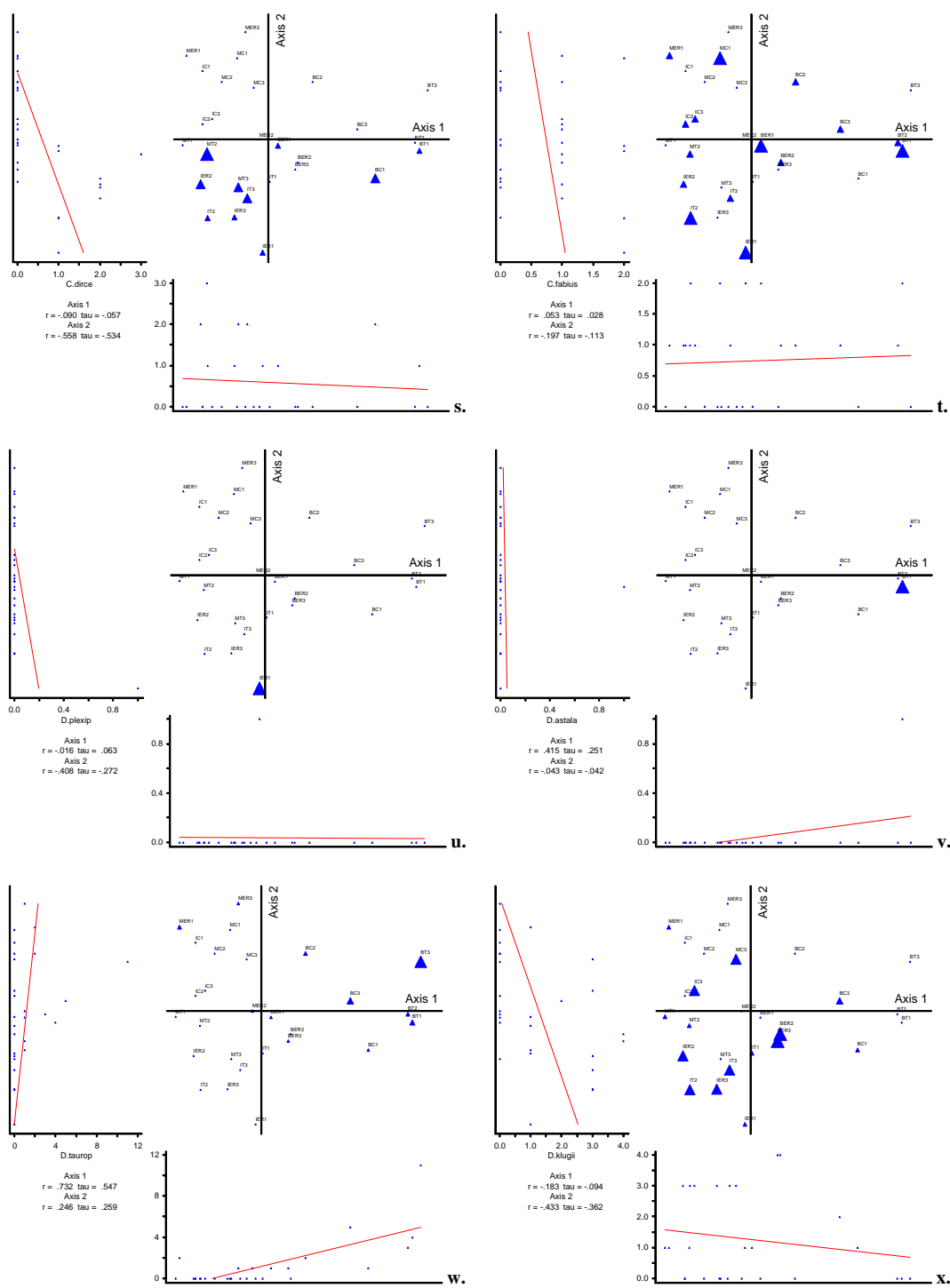
a. *Adelpha boeotia* ssp.; b. *Anartia fatima*; c. *Anteos maerula*; d. *Archaeoprepona amphimachus* ssp.; e. *Archaeoprepona demophon* ssp.; f. *Archaeoprepona demophoon* ssp.



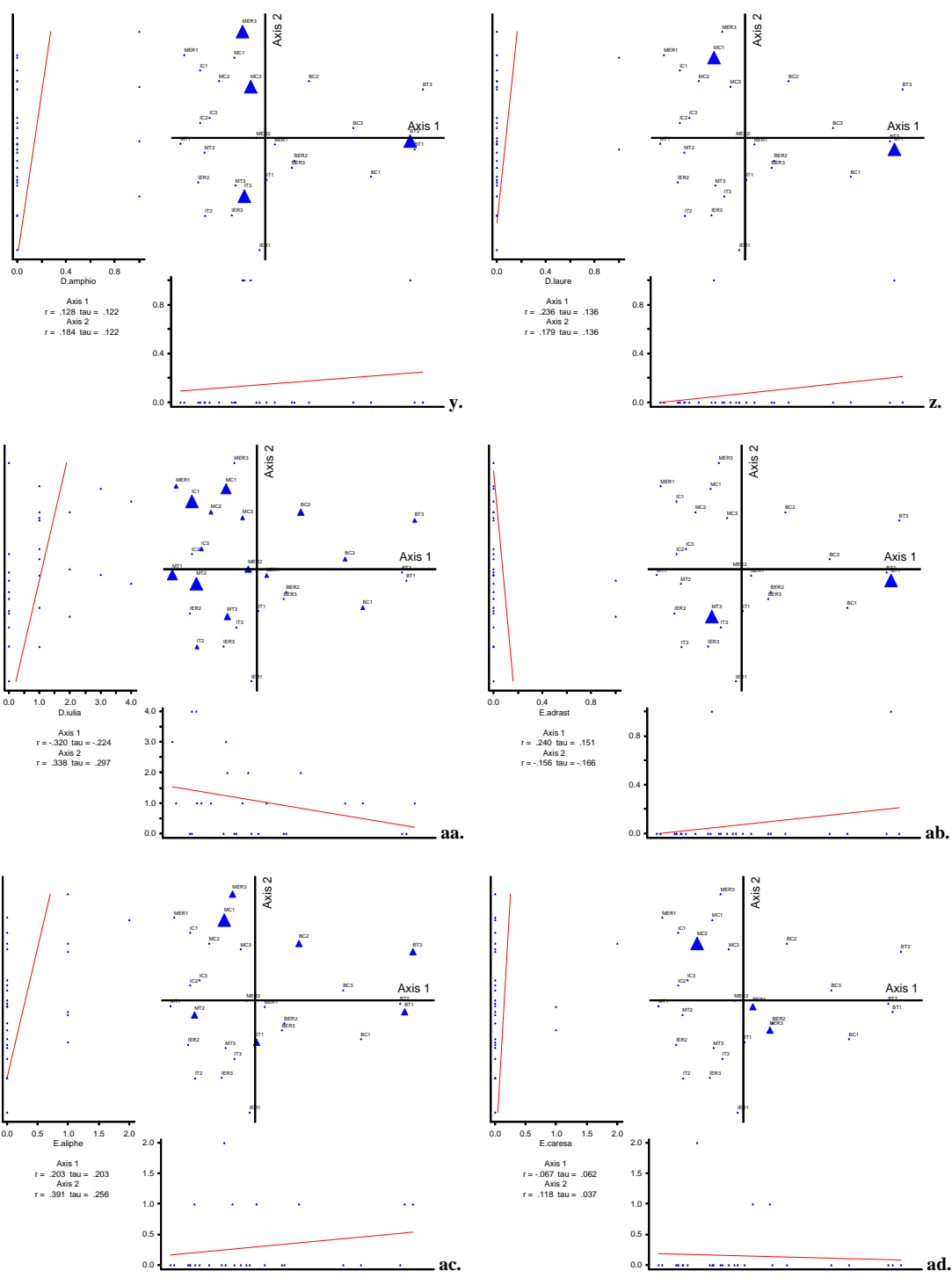
g. *Caligo uranus*; h. *Castilia myia*; i. *Catonephele mexicana*; j. *Catonephele numilia* ssp.; k. *Chlosyne gaudealis*; l. *Chlosyne janais*.



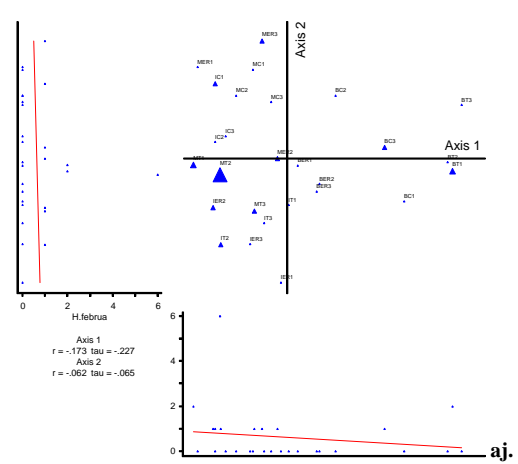
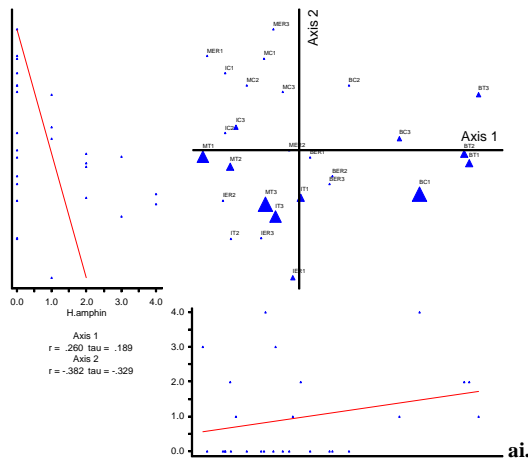
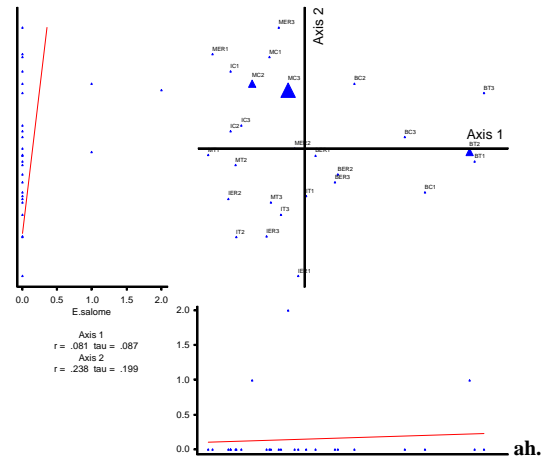
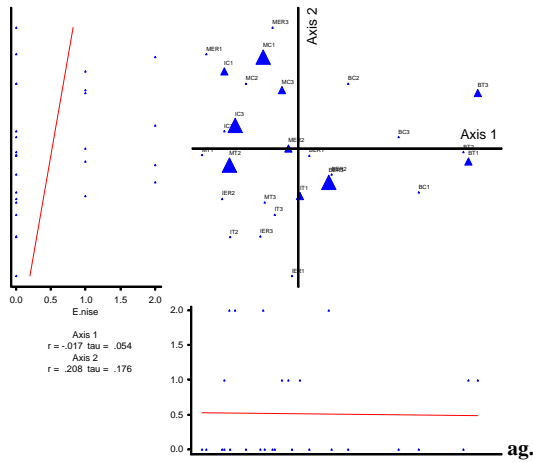
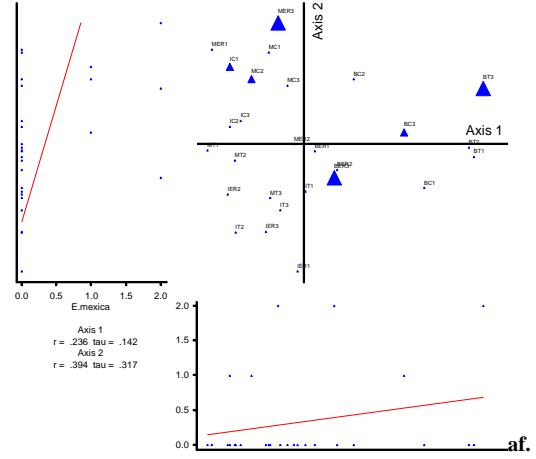
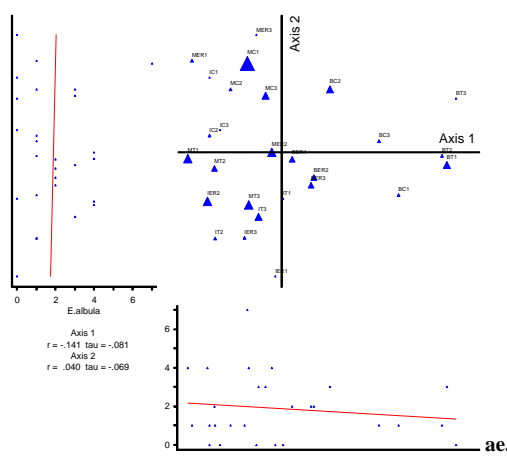
m. *Cissia sp. affn a confusa*; n. *Cissia hermes*; o. *Cissia hesione*; p. *Cissia libye*; q. *Cyllopsis sp. affn a argentella*; r. *Cyllopsis sp.*



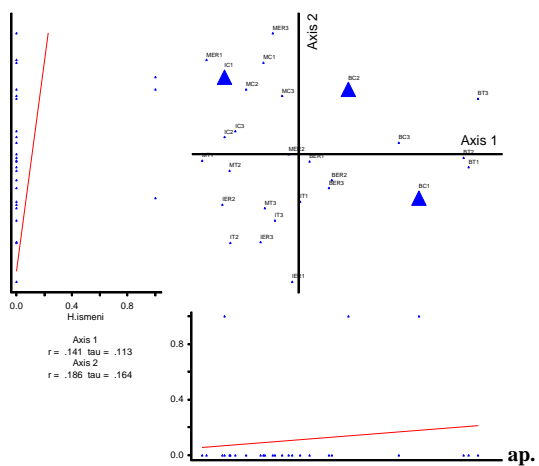
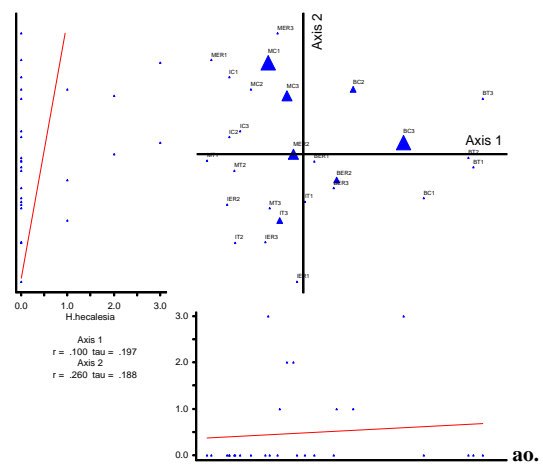
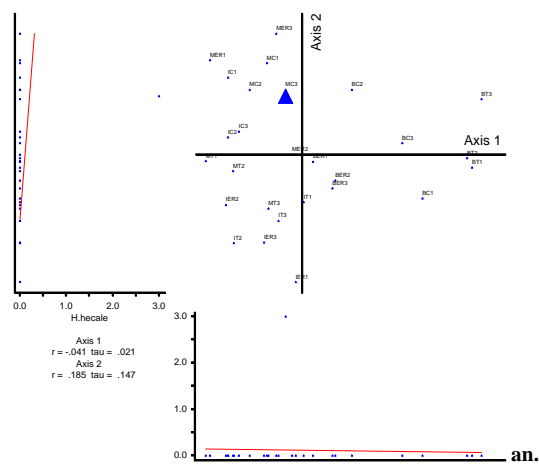
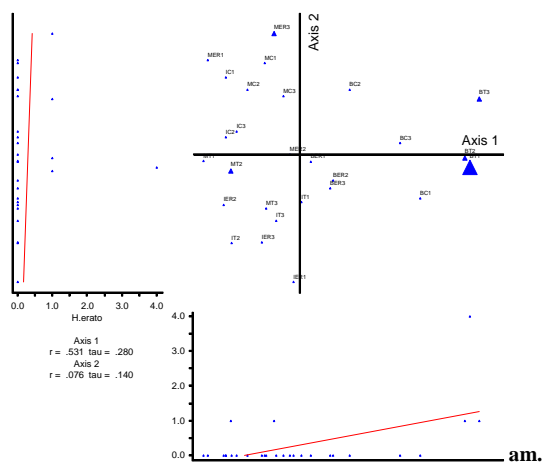
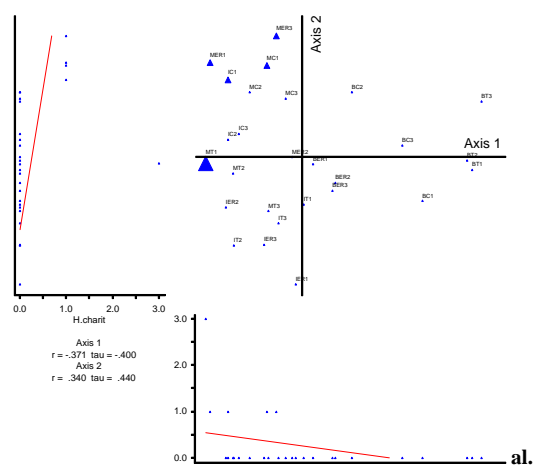
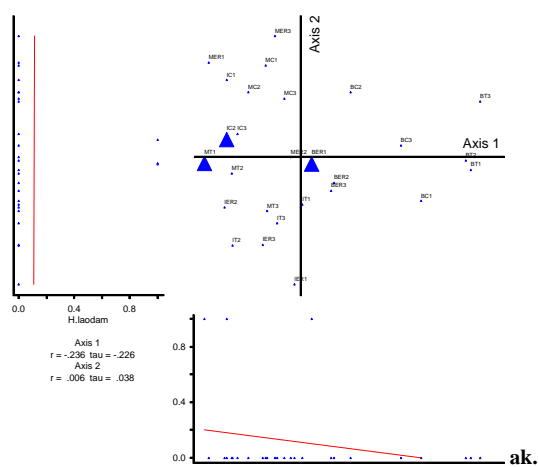
s. *Colobura dirce*; t. *Consul fabius* ssp.; u. *Danaus plexippus*; v. *Diaethria astala*; w. *Dioriste tauropolis*; x. *Dircenna klugii*.



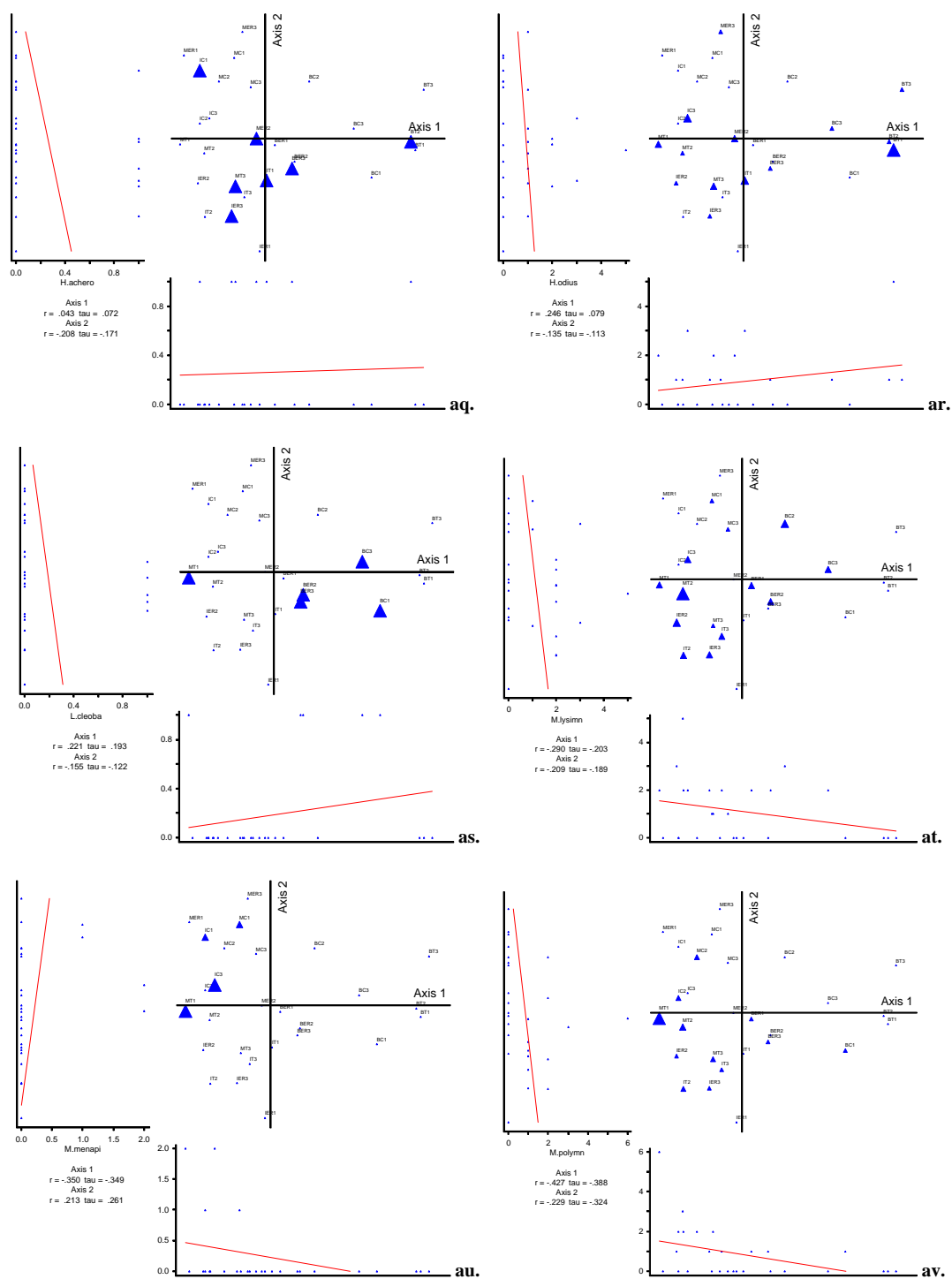
y. *Dismorphia amphione* ssp.; z. *Doxocopa laure*; aa. *Dryas iulia*; ab. *Epiphile adrastra*; ac. *Eueides aliphera*; ad. *Eunica caresa*.



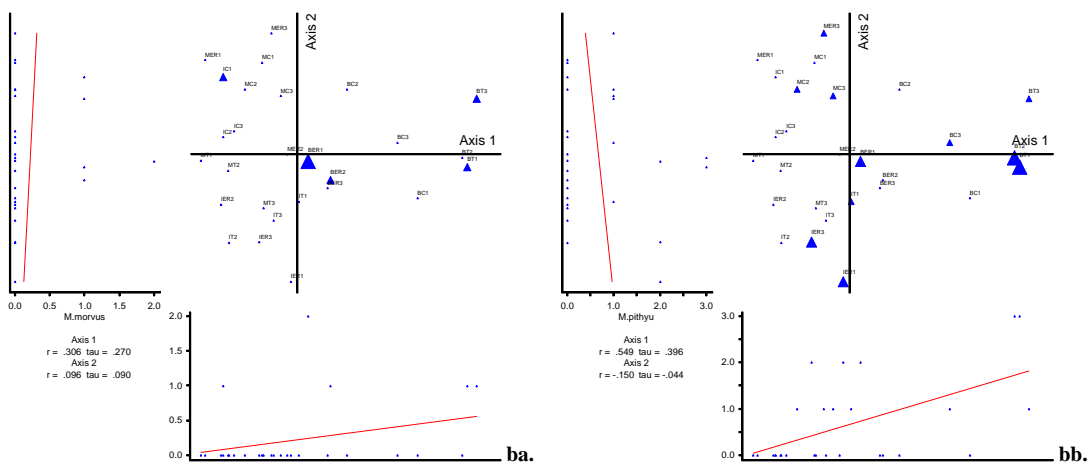
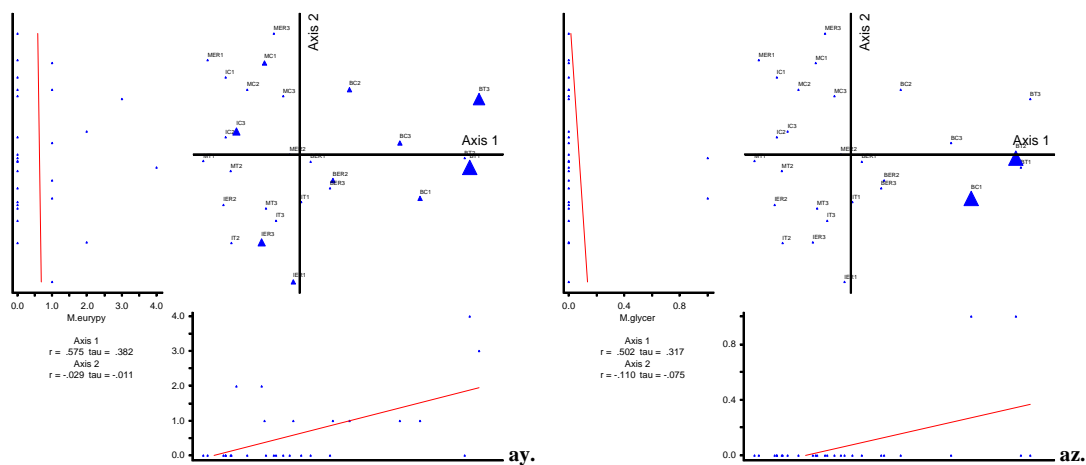
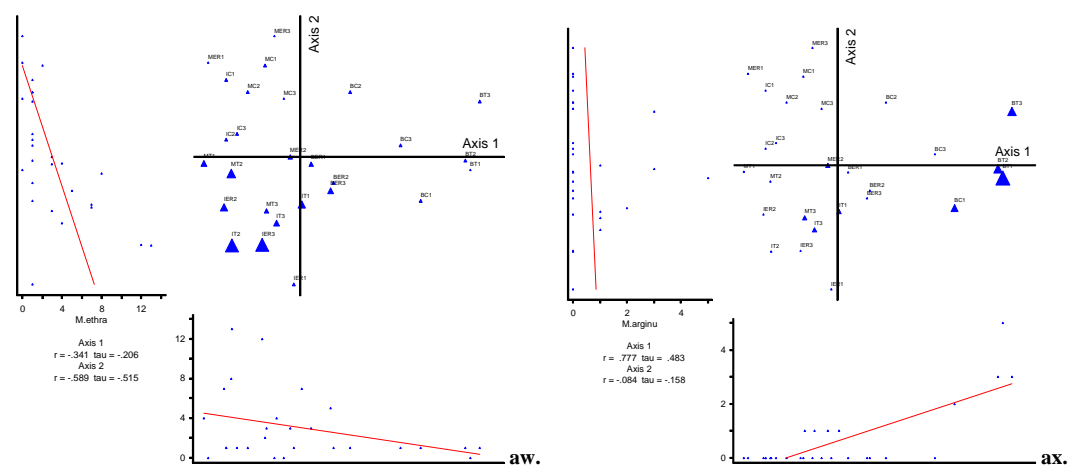
ae. *Eurema albula*; af. *Eurema mexicana*; ag. *Eurema nise*; ah. *Eurema salome*; ai. *Hamadryas amphinome* ssp.; aj. *Hamadryas februa* ssp.



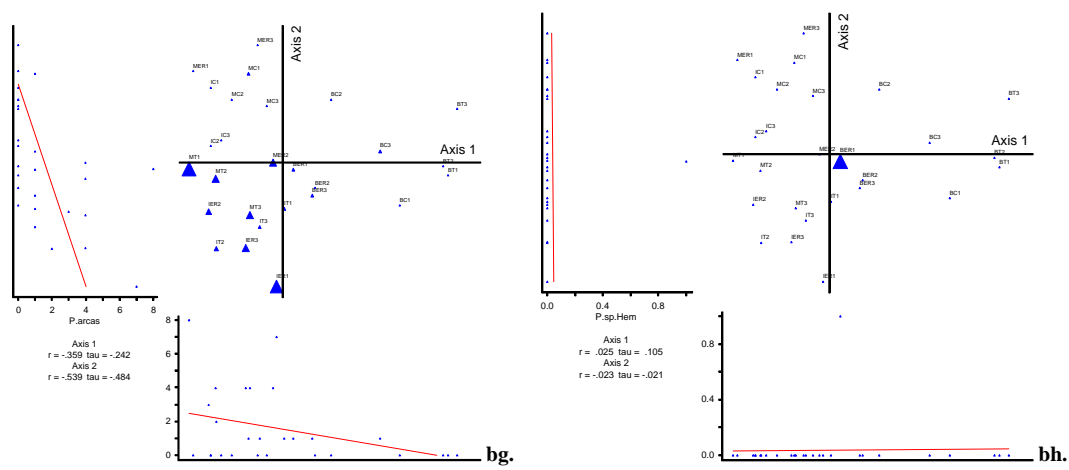
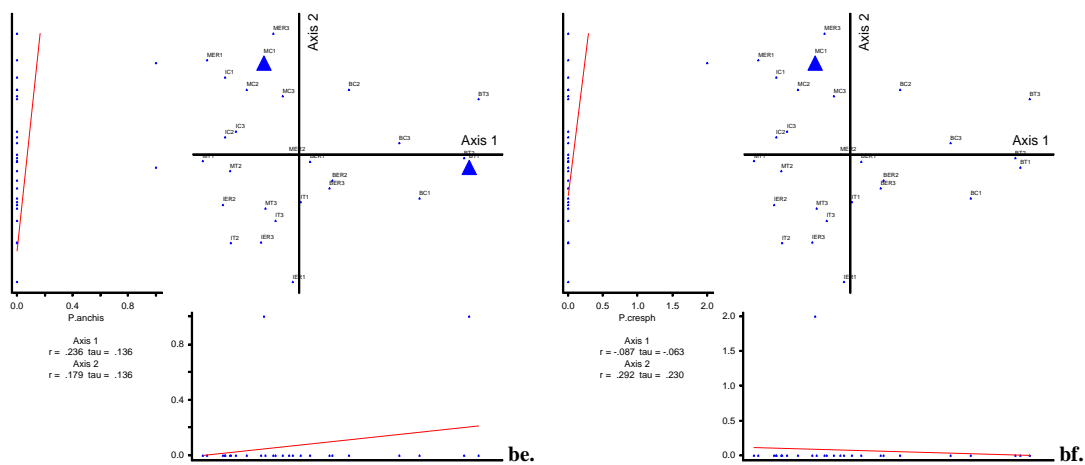
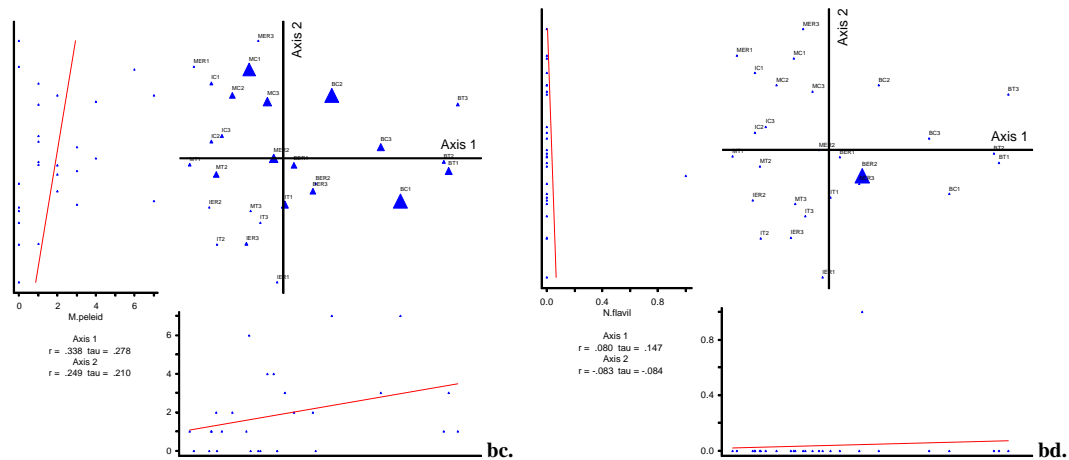
ak. *Hamadryas laodamia* ssp.; al. *Heliconius charitonius*; am. *Heliconius erato* ssp.; an. *Heliconius hecale* ssp.; ao. *Heliconius hecalesia* ssp.; ap. *Heliconius ismenius* ssp.



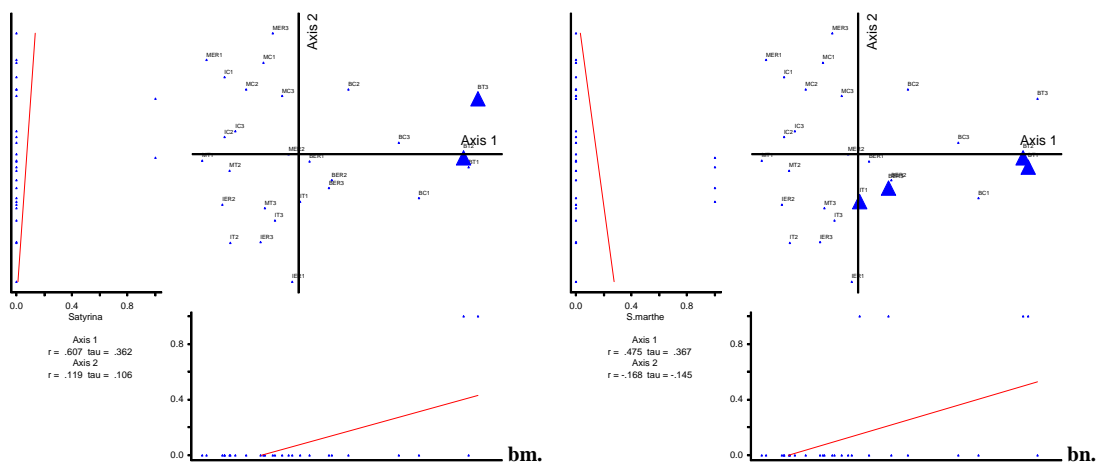
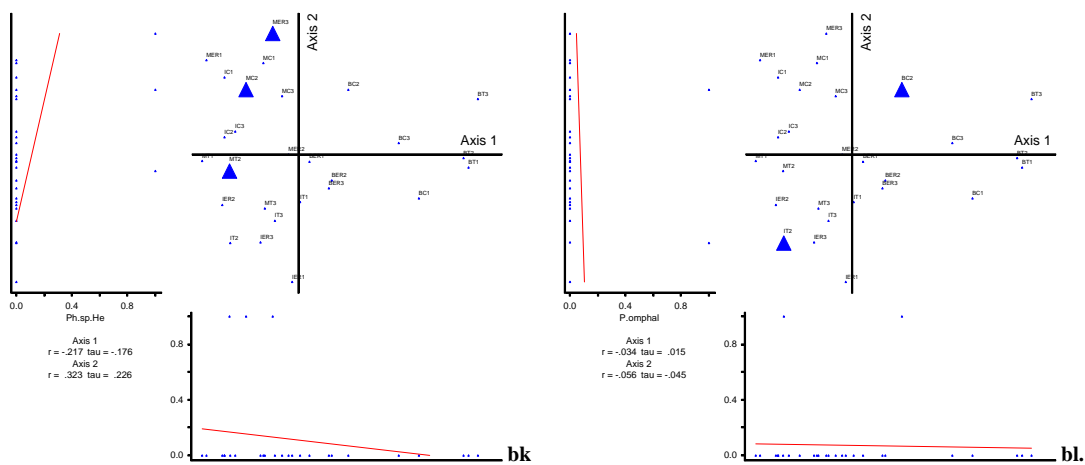
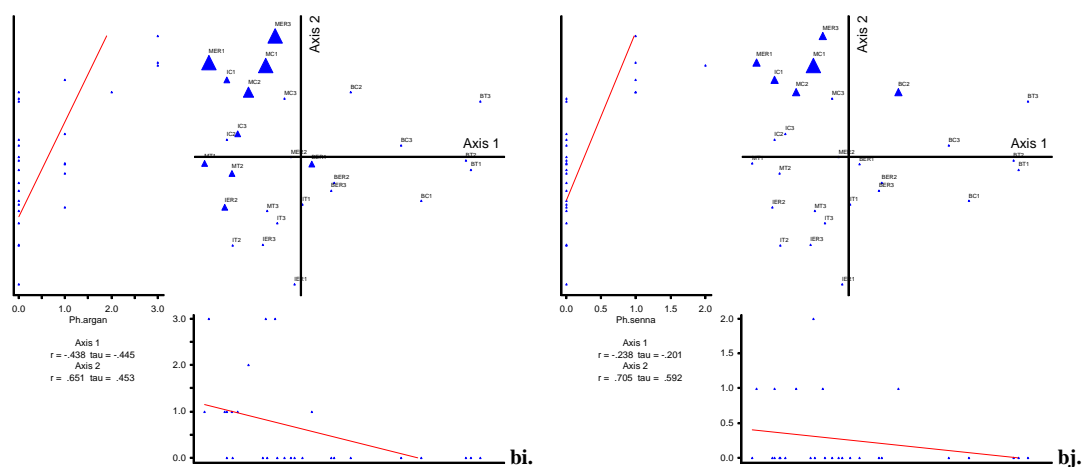
aq. *Historis acheronta*; ar. *Historis odius*; as. *Lycorea cleobaea* ssp.; at. *Mechanitis lysimnia* ssp.; au. *Mechanitis menapis* ssp.; av. *Mechanitis polynnina* ssp.



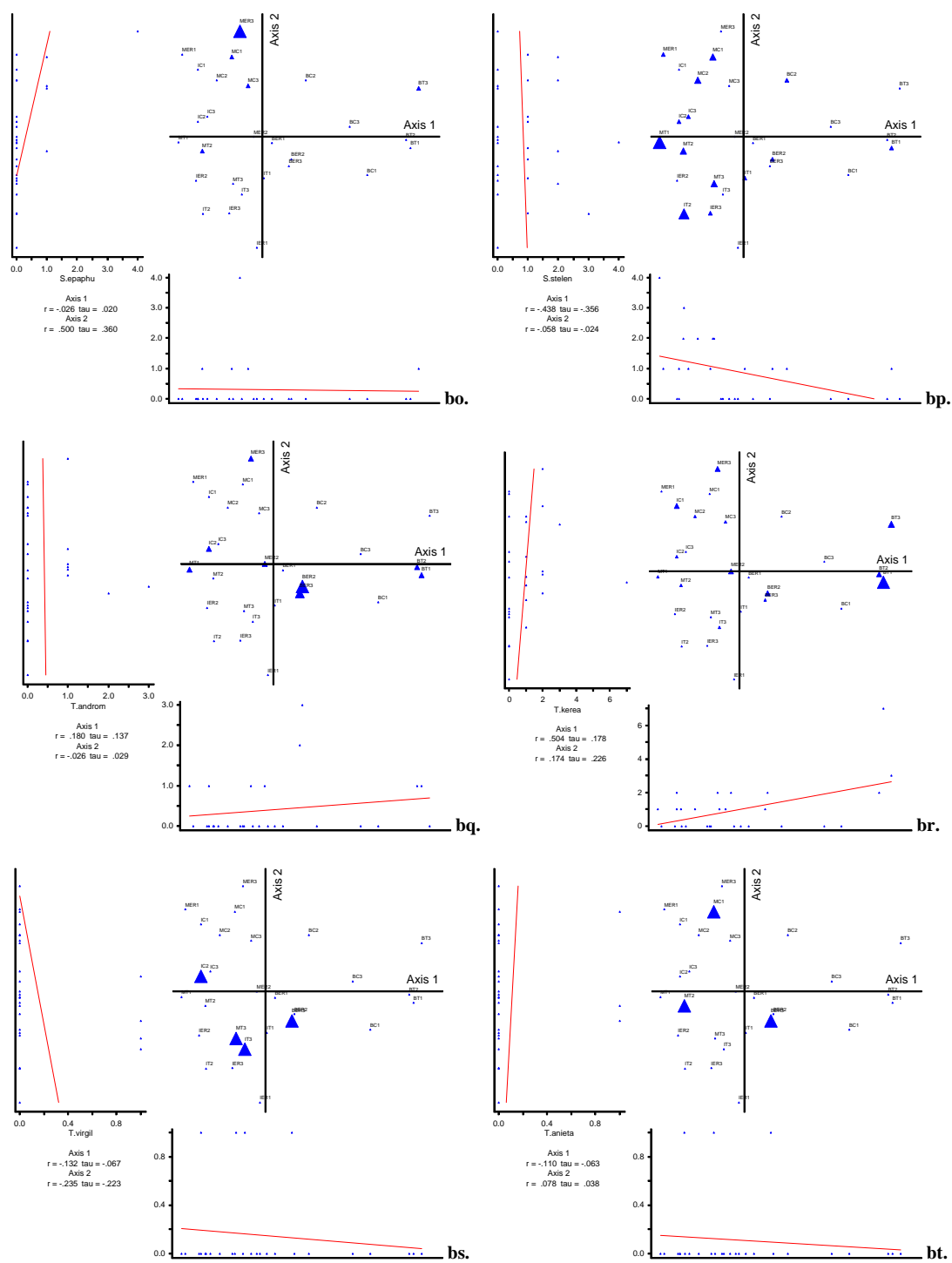
aw. *Melinaea ethra* ssp.; ax. *Memphis arginussa* ssp.; ay. *Memphis eurypyle* ssp.; az. *Memphis glycerium*; ba. *Memphis morvus* ssp.; bb. *Memphis pithyusa*.



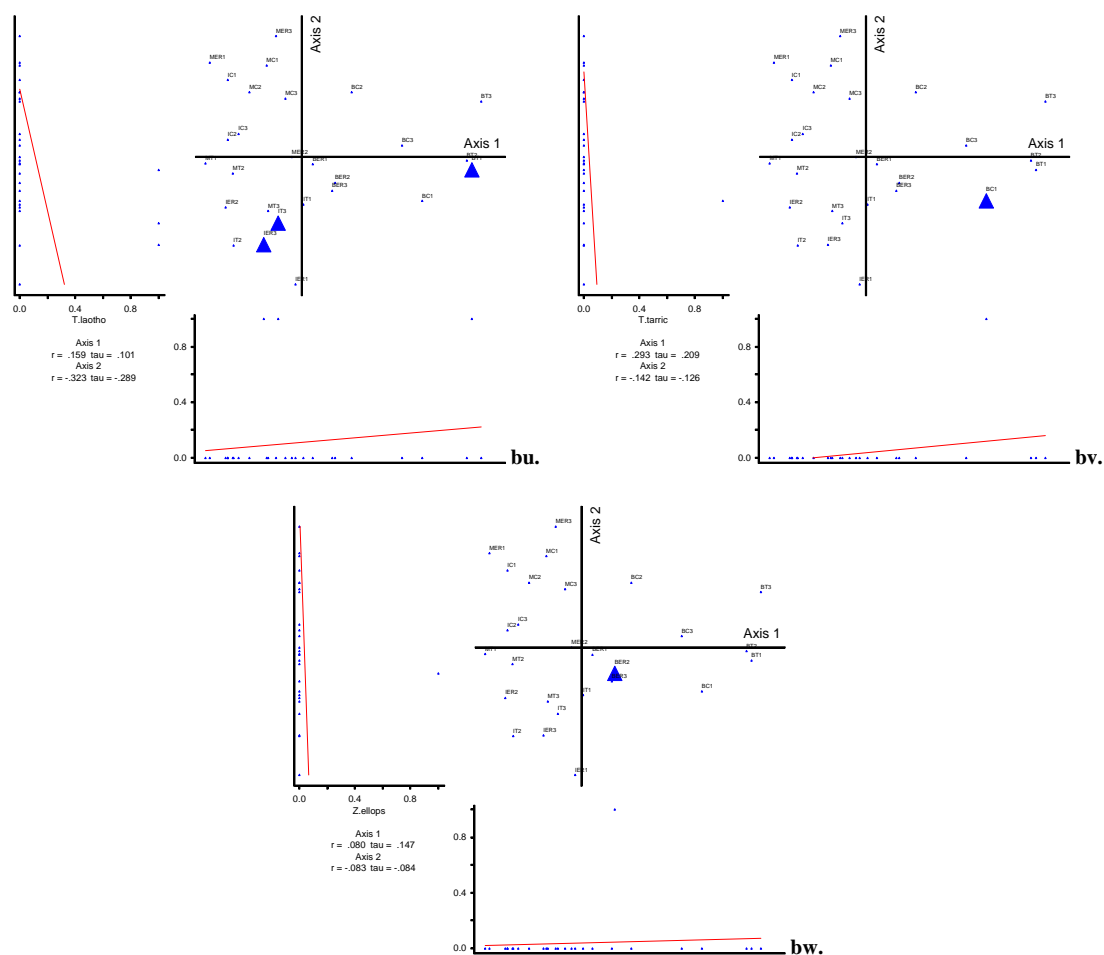
bc. *Morpho peleides* ssp.; bd. *Nica flavilla* ssp.; be. *Papilio anchisiades* ssp.; bf. *Papilio crespontes/P.thoas* ssp.; bg. *Parides arcas* ssp.; bh. *Parides* sp. Hembra.



bi. *Phoebis argante*/*P. agarithe*; bj. *Phoebis sennae*; bk. *Phoebis* sp. Hembra; bl. *Prepona omphale* ssp.; bm. *Satyrinae* sp.1; bn. *Siderone marthesia*.



bo. *Siproeta epaphus* ssp.; bp. *Siproeta stelenes* ssp.; bq. *Taygetis andromeda/Taygetis* sp. afin a *salvini*; br. *Taygetis kerea*; bs. *Taygetis virgilia* ssp.; bt. *Tegosa anieta* ssp.



bu. *Temenis laothoe* ssp.; bv. *Tithorea tarricina* ssp.; bw. *Zaretis ellops*.

Apéndice 16. Valores de abundancia de mariposas diurnas registradas en cafetal con sombra de *Inga*, cafetal con sombra mixta y bosque de acuerdo a especie y método de muestreo.

trampas/visuales. PAP=Papilionidae; PIER=Pieridae; NYMPH=Nymphalidae. Dism=Dismorphiinae; Coli=Coliadinae; Apat=Apaturinae; Charax=Charaxinae; Nymph=Nymphalinae; Melit=Melitaeinae; Helic=Heliconiinae; Dan=Danainae; Ithom=Ithomiinae; Morph=Morphinae; Brass=Brassolinae; Saty=Satyrinae. Se establecieron tres réplicas para cada tratamiento (hábitat). Cada unidad experimental fue muestreada en tres fechas distintas mediante 10 trampas colocadas en un transecto de 450 m y censos visuales en un radio de 20m alrededor de las trampas.

(siguiente página)

Familia	Subfamilia	Especie	Cafetal sombra			Trampas	Visuales
			de Inga	mixta	Bosque		
PAP	-	<i>Parides arcas</i> ssp. (Cramer 1781)	18	21	3		42
PIER	Dism	<i>Dismorphia amphione</i> ssp. (Cramer 1779)	1	2	1		4
PIER	Coli	<i>Eurema albula</i> (Cramer 1775)	10	26	15		51
PIER	Coli	<i>E. mexicana</i> (Boisduval 1836)	1	3	5		9
PIER	Coli	<i>E. nise</i> (Cramer 1775)	4	6	4		14
PIER	Coli	<i>Phoebis argante</i> (Fabricius 1775)/ <i>P. agarithe</i> Boisduval 1836	3	13	1		17
PIER	Coli	<i>P. sennae</i> (Linnaeus 1758)	1	5	1		7
NYMPH	Charax	<i>Archaeopreona demophon</i> ssp. (Linnaeus 1758)	10	8	13	31	
NYMPH	Charax	<i>A. demophon</i> ssp. (Hübner [1814])	1	4	6		11
NYMPH	Charax	<i>Consul fabius</i> ssp. (Cramer 1779)	6/2	1/3	7/1		14
NYMPH	Charax	<i>Memphis arginussa</i> ssp. (Hübner y Geyer 1832)	2	2	13		17
NYMPH	Charax	<i>M. euryppyle</i> ssp. (Felder y Felder 1862)	5	1	11		17
NYMPH	Nymph	<i>Catonephele mexicana</i> Jenkins y de la Maza 1985	1/3	0/4	1/6		2
NYMPH	Nymph	<i>C. numilia</i> ssp. Cramer 1779	7/0	4/0	4/2		15
NYMPH	Nymph	<i>Colobura dirce</i> (Linnaeus 1764)	5/2	1/4	4/0		10
NYMPH	Charax	<i>Memphis pithyusa</i> (Felder 1869)	5	3	10		18
NYMPH	Nymph	<i>Hamadryas amphinome</i> ssp. (Linnaeus 1767)	7	9	10		26
NYMPH	Nymph	<i>H. februa</i> ssp. (Hübner 1816-24)	2/1	4/7	2/1		8
NYMPH	Nymph	<i>H. laodamia</i> ssp. (Cramer [1777])	1	1	1		3
NYMPH	Nymph	<i>Historis acheronta</i> (Fabricius 1775)	3	2	2		7
NYMPH	Nymph	<i>H. odius</i> (Fabricius 1775)	8	8	9		25
NYMPH	Nymph	<i>Siproeta stelenes</i> ssp. (Linnaeus 1758)	7	13	3		23
NYMPH	Helic	<i>Dryas iulia</i> (Fabricius 1775)	6	17	6		29
NYMPH	Helic	<i>Eueides aliphera</i> (Godart 1819)	1	4	3		8
NYMPH	Helic	<i>H. hecalesia</i> ssp. (Hewitson 1853)	1	7	5		13
NYMPH	Ithom	<i>Dircenna klugii</i> (Geyer 1837)	17	6	11		34
NYMPH	Ithom	<i>Mechanitis lysimnia</i> ssp. (Fabricius 1793)	11	10	9		30
NYMPH	Ithom	<i>M. polynnia</i> ssp. (Linnaeus 1758)	7	13	3		23
NYMPH	Ithom	<i>Melinaea ethra</i> ssp. (Godart 1819)	47	21	14		82
NYMPH	Morpho	<i>Morpho peleides</i> ssp. Kollar 1850	0/7	0/19	7/19	7	45
NYMPH	Saty	<i>Cissia hermes</i> (Fabricius 1775)	5/107	6/84	4/28	15	219
NYMPH	Saty	<i>C. hesione</i> (Sulzer 1776)	42	54	3		99
NYMPH	Saty	<i>C. libye</i> (Linnaeus 1767)	3	8	6		17
NYMPH	Saty	<i>Taygetis andromeda</i> (Cramer 1779)/ <i>T. sp. afin a salvini</i> Staudinger 1888	1	3	7		11
NYMPH	Saty	<i>T. kerea</i> Butler 1879	0/4	0/8	2/13	2	25
NYMPH	Saty	<i>T. virgilia</i> ssp. Cramer 1779	2	1	1		4
NYMPH	Nymph	<i>Anartia fatima</i> Godart 1820	36	58			94
NYMPH	Melit	<i>Chlosyne janais</i> (Drury 1782)	3	5			8
NYMPH	Helic	<i>Heliconius charitonius</i> (Linnaeus 1767)	1	6			7
NYMPH	Ithom	<i>Mechanitis menapis</i> ssp. Hewitson 1856	3	3			6
NYMPH	Charax	<i>Archaeopreona amphimachus</i> ssp. (Fabricius 1775)	2		2		4
NYMPH	Charax	<i>Memphis morvus</i> ssp. (Fabricius 1775)	1		5		6
NYMPH	Charax	<i>Prepona omphale</i> ssp. (Hübner [1819])	1		1		2
NYMPH	Charax	<i>Siderone marthesia</i> (Cramer 1777)	1/0		2/1		3
NYMPH	Nymph	<i>Adelpha boeotia</i> ssp. (Felder y Felder 1867)	0/1		1/0		1
NYMPH	Nymph	<i>Temenis laothoe</i> ssp. Cramer 1779	2		1		3
NYMPH	Helic	<i>Heliconius ismenius</i> ssp. Latreille 1817	1		2		3
NYMPH	Saty	<i>Cyllopsis sp. afin a argentella</i> (Butler y Druce 1872)	2		1		3
PAP	-	<i>Papilio anchisiades</i> ssp. Esper 1788		1	1		2
PIER	Coli	<i>Eurema salome</i> (Felder 1861)		3	1		4
NYMPH	Apat	<i>Doxocopa laure</i> (Drury 1773)		1	1		2
NYMPH	Nymph	<i>Epiphile adrasta</i> Hewitson 1861		1	1	2	
NYMPH	Nymph	<i>Eunica carena</i> Hewitson 1857		0/2	2/0	2	2
NYMPH	Nymph	<i>Siproeta epaphus</i> ssp. (Latreille 1811)		7	1		8
NYMPH	Melit	<i>Tegosa anieta</i> ssp. (Hewitson 1864)		2	1		3
NYMPH	Helic	<i>Heliconius erato</i> ssp. (Linnaeus 1758)		2	6		8
NYMPH	Dan	<i>Lycorea cleobaea</i> ssp. (Godart 1819)		1	4		5
NYMPH	Saty	<i>Dioriste tauropolis</i> (Westwood 1850)		0/4	5/23	5	27
NYMPH	Dan	<i>Danaus plexippus</i> (Linnaeus 1758)	1				1
PAP	-	<i>Papilio crespontes</i> (Cramer 1777)/ <i>P. thoas</i> ssp. Linnaeus 1771		2			2
PIER	Coli	<i>Phoebis sp. Hembra</i>		3			3
NYMPH	Melit	<i>Castilia myia</i> (Hewitson 1874)		1			1
NYMPH	Melit	<i>Chlosyne gaudealis</i> (Bates 1864)		1			1
NYMPH	Helic	<i>Heliconius hecale</i> ssp. (Fabricius 1775)		3			3
PAP	-	<i>Parides sp. Hembra</i>			1		1
PIER	Coli	<i>Anteos maerula</i> Fabricius 1775			1		1
NYMPH	Charax	<i>Memphis glycerium</i> (Doubleday 1850)		2		2	
NYMPH	Charax	<i>Zaretis ellops</i> (Felder 1869)		1		1	
NYMPH	Nymph	<i>Diaethria astala</i> (Guérin-Ménéville 1844)		1		1	
NYMPH	Nymph	<i>Nica flavilla</i> ssp. Godart 1823		1		1	
NYMPH	Ithom	<i>Tithorea tarricina</i> ssp. Hewitson 1857		1			1
NYMPH	Brass	<i>Caligo uranus</i> Herrich-Schäffer 1850		1		1	
NYMPH	Saty	<i>Cissia sp. afin a confusa</i> (Staudinger 1888)		1		1	
NYMPH	Saty	<i>Cyllopsis sp.</i>		1		1	
NYMPH	Saty	Sp.1		2		2	

IX. LÁMINAS



Lámina 1a. NYMPHALINAE (vista dorsal):

13. *Anartia fatima*; 14. *Adelpha boeotia* ssp.; 15. *Catonephele mexicana*, a. macho, b. hembra; 16. *C. numilia* ssp., a. macho, b. hembra; 17. *Colobura dirce*; 18. *Diaewothria astala*; 19. *Nica flavilla* ssp.; 20. *Epiphile adrasta*, a. macho, b. hembra; 21. *Eunica carena*, a. hembra, b. macho; 22. *Hamadryas amphinome* ssp.; 23. *H. februa* ssp.; 24. *H. laodamia* ssp.; 25. *Nica flavilla* ssp.; 26. *Historis acheronta*; 27. *H. odius*; 28. *Siproeta stelenes* ssp.; 29. *Smyrna blomfieldia* ssp., a. macho, b. hembra; 30. *Temenis laothoe* ssp.



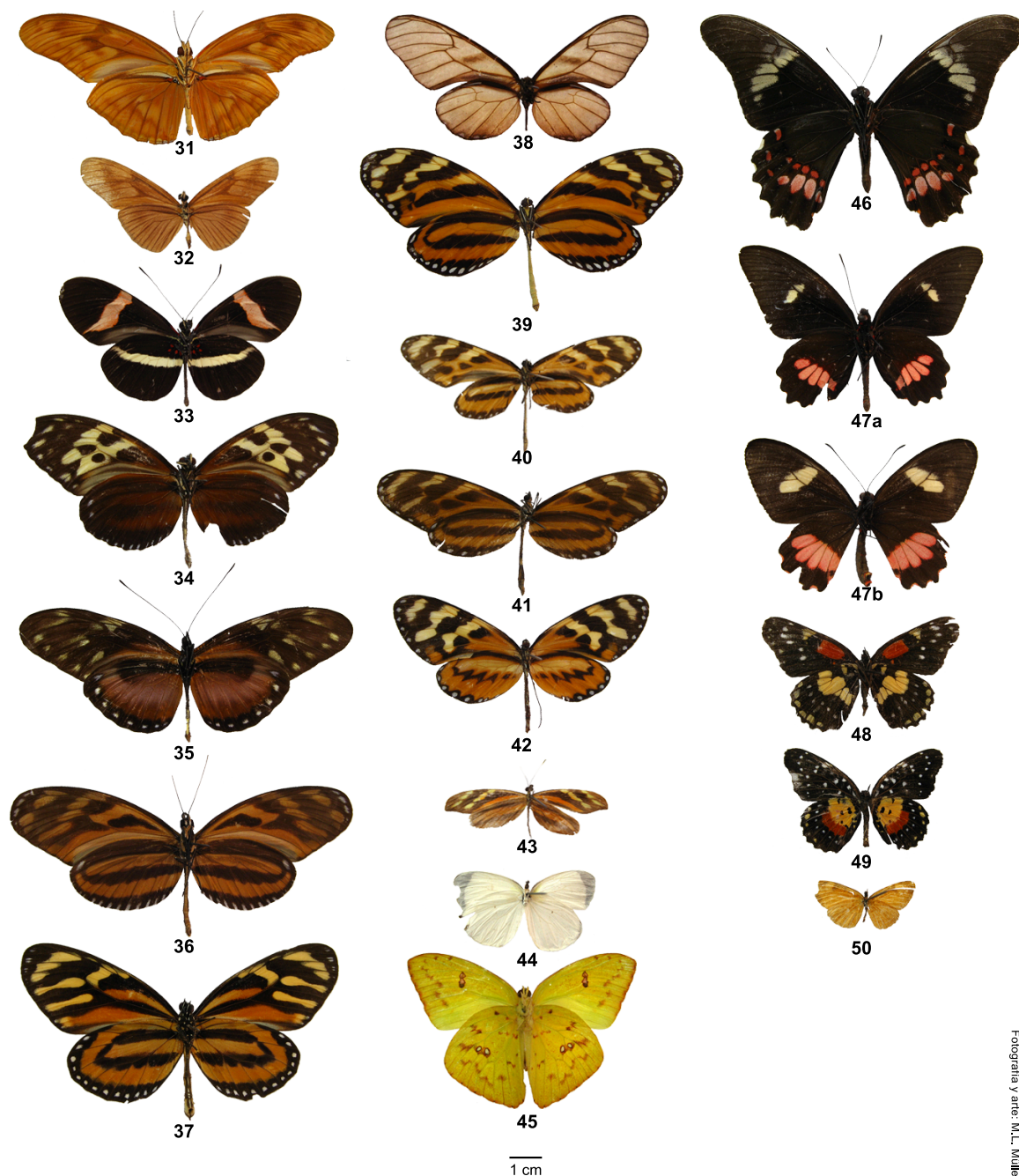
Lámina 1b. NYMPHALINAE (vista ventral):

13. *Anartia fatima*; 14. *Adelpha boeotia* ssp.; 15. *Catonephele mexicana*, a. macho, b. hembra; 16. *C. numilia* ssp., a. macho, b. hembra; 17. *Colobura dirce*; 18. *Diaethria astala*; 19. *Nica flavilla* ssp.; 20. *Epiphile adrasta*, a. macho, b. hembra; 21. *Eunica caresa*, a. hembra, b. macho; 22. *Hamadryas amphinome* ssp.; 23. *H. februa* ssp.; 24. *H. laodamia* ssp.; 25. *Nica flavilla* ssp.; 26. *Historis acheronta*; 27. *H. odius*; 28. *Siprocta stelenes* ssp.; 29. *Smyrna blomfieldia* ssp., a. macho, b. hembra; 30. *Temenis laothoe* ssp.



Fotografía y arte: M.L. Müller

Lámina 2a. HELICONIINAE/DANAINAE/ITHOMIINAE/PIERIDAE/NYMPHALINAE/MELITAEINAE (v. dorsal):
 31. *Dryas iulia*; 32. *Eueides aliphera*; 33. *Heliconius erato* ssp.; 34. *H. hecale* ssp.; 35. *H. hecalesia* ssp.; 36. *H. ismenius* ssp.; 37. *Lucorea cleobaea* ssp.; 38. *Dircenna klugii*; 39. *Melinaea ethra* ssp.; 40. *Mechanitis lysimnia* ssp.; 41. *M. menapis* ssp.; 42. *M. polymnia* ssp.; 43. *Dismorphia amphione* ssp.; 44. *Eurema albula*; 45. *Phoebis sennae*; 46. *Papilio anchisiades* spp.; 47. *Parides archas* ssp., a. macho, b. hembra; 48. *Chlosyne gaudealis*; 49. *Ch. janais*; 50. *Tegosa anieta* ssp.



Fotografía y arte: M.L. Müller

Lámina 2b. HELICONIINAE/DANAINAE/ITHOMIINAE/PIERIDAE/NYMPHALINAE/MELITAEINAE (v. ventral):
 31. *Dryas iulia*; 32. *Eueides aliphera*; 33. *Heliconius erato* ssp.; 34. *H. hecale* ssp.; 35. *H. hecalesia* ssp.; 36. *H. ismenius* ssp.; 37. *Lucorea cleobaea* ssp.; 38. *Dircenna klugii*; 39. *Melinaea ethra* ssp.; 40. *Mechanitis lysimnia* ssp.; 41. *M. menapis* ssp.; 42. *M. polymnia* ssp.; 43. *Dismorphia amphione* ssp.; 44. *Eurema albula*; 45. *Phoebis sennae*; 46. *Papilio anchisiades* spp.; 47. *Parides archas* ssp., a. macho, b. hembra; 48. *Chlosyne gaudealis*; 49. *Ch. janais*; 50. *Tegosa anieta* ssp.



Lámina 3a. CHARAXINAE (vista dorsal):

1. *Archaeoprepona amphimachus* ssp.; 2. *A. demophon* ssp.; 3. *A. denophoon* ssp.; 4. *Prepona omphale* ssp., a. macho, b. hembra; 5. *Consul fabius*; 6. *Memphis arginussa* ssp., a. macho, b. hembra; 7. *M. eurypyle* ssp., a. macho, b. hembra; 8. *M. glycerium*; 9. *M. morvus* spp., a. hembra, b. macho; 10. *M. pithyusa*, a. macho, b. hembra; 11. *Siderone marthesia*; 12. *Zaretis ellops*



Lámina 3b. CHARAXINAE (vista ventral):

1. *Archaeoprepona amphimachus* ssp.; 2. *A. demophon* ssp.; 3. *A. demophoon* ssp.; 4. *Prepona omphale* ssp., a. macho, b. hembra; 5. *Consul fabius*; 6. *Memphis arginussa* ssp., a. macho, b. hembra; 7. *M. eurypyle* ssp., a. macho, b. hembra; 8. *M. glycerium*; 9. *M. morvus* ssp., a. hembra, b. macho; 10. *M. pithyusa*, a. macho, b. hembra; 11. *Siderone marthesia*; 12. *Zaretis ellops*

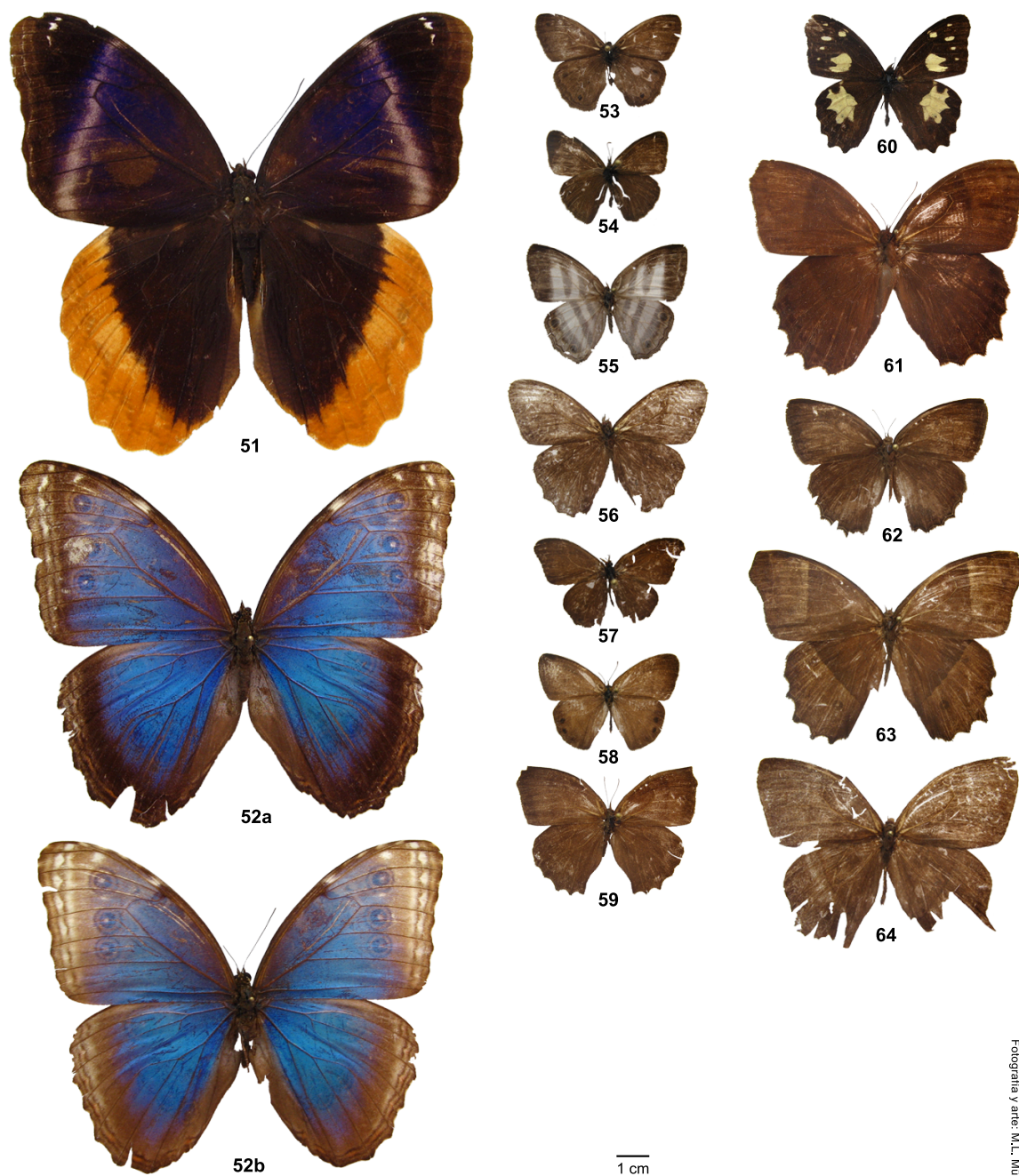


Lámina 4a. BRASSOLINAE/MORPHINAE/SATYRINAE (vista dorsal):

51. *Caligo uranus*; 52. *Morpho peleides* ssp., a. macho, b. hembra; 53. *Cissia* sp. afin a confusa; 54. *C. hermes*; 55. *C. hesione*; 56. *C. libye*; 57. *Cyllopsis* sp.; 58. *Cyllopsis* sp. afin a *argentella*; 59. sp.1 (*Cyllopsis* sp.?); 60. *Dioriste tauropolis*; 61. *Taygetis andromeda*; 62. *T. kerea*; 63. *T.* sp. afin a *salvini*; 64. *T. virgilia* ssp.

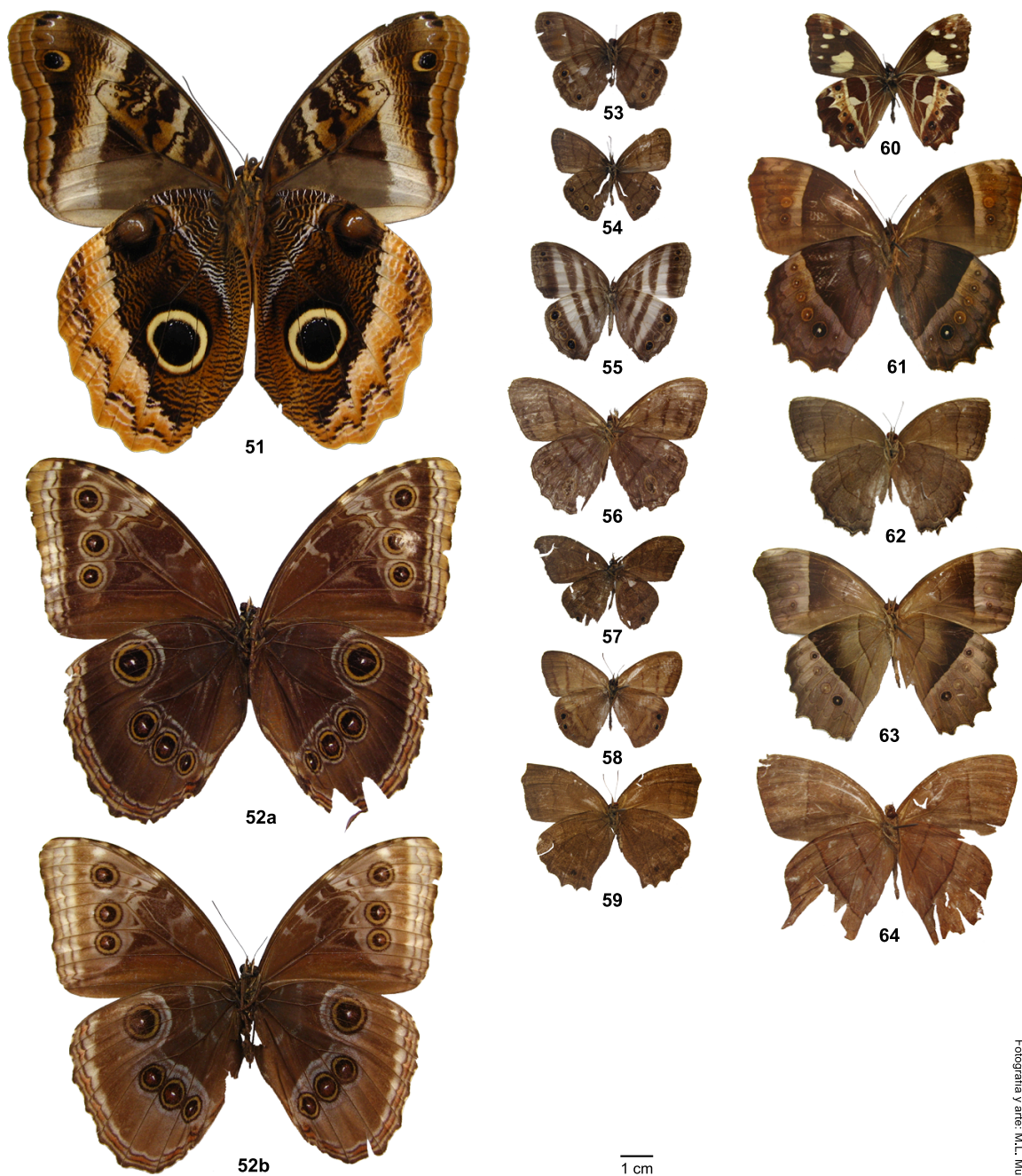


Lámina 4b. BRASSOLINAE/MORPHINAE/SATYRINAE (vista ventral):

51. *Caligo uranus*; 52. *Morpho peleides* ssp., a. macho, b. hembra; 53. *Cissia* sp. afin a *confusa*; 54. *C. hermes*; 55. *C. hesione*; 56. *C. libye*; 57. *Cyllopsis* sp.; 58. *Cyllopsis* sp. afin a *argentella*; 59. sp.1 (*Cyllopsis* sp.?); 60. *Dioriste tauropolis*; 61. *Taygetis andromeda*; 62. *T. kerea*; 63. *T.* sp. afin a *salvini*; 64. *T. virgilia* ssp.