

CONTRIBUCIÓN DE LOS CAFETALES BAJO SOMBRA EN LA CONSERVACIÓN DE MURCIÉLAGOS EN LA ANTIGUA GUATEMALA, GUATEMALA

Cristian KRAKER-CASTAÑEDA¹ & Sergio Guillermo PÉREZ-CONSUEGRA²

¹Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Edificio T-10, Segundo Nivel, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala. <cristiankraker@hotmail.com>

²Museo de Historia Natural, Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Calle Mariscal Cruz 1-56, Zona 10, Guatemala. <trachopsacahui@gua.net>

Kraker-Castañeda, C. & S. G. Pérez-Consuegra. 2011. Contribución de los cafetales bajo sombra en la conservación de murciélagos en la Antigua Guatemala, Guatemala. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 27(2): 291-303.

RESUMEN. Se llevó a cabo un estudio sobre murciélagos en cafetales bajo monocultivo de sombra y un remanente de bosque en el área montañosa del valle de La Antigua Guatemala. En cada hábitat se llevó a cabo un esfuerzo estándar de 2880 m²h y se capturaron un total de 182 murciélagos de 12 especies. El número de especies observado en cada hábitat fue menor a la predicción del estimador no paramétrico de Chao 2, 89% para los cafetales y 86% para el remanente de bosque, pero cercano al nivel satisfactorio de 90%. En los cafetales se observó tendencia a mayor abundancia de especies de amplia distribución y generalistas de los géneros *Artibeus*, *Dermanura* y *Sturnira*. En los bosques se capturaron especies aparentemente exclusivas sensibles a la transformación del paisaje como *Phyllostomus discolor* y *Myotis keaysi*. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas de la diversidad entre los hábitat según una prueba de *t* calculada para índices de Shannon ($t = -0.1442$, g. l. = 133.83, $p = 0.88$). Se observó una diferencia estadísticamente significativa de la abundancia relativa de las cinco especies frugívoras con mayor tamaño de muestra ($G = 53.48$, g. l. = 4, $p < 0.001$). Los bosques exhibieron una representación significativamente mayor de gremios funcionales distintos a los frugívoros ($G = 11.06$, g. l. = 1, $p < 0.001$). Se estableció una proporción significativamente mayor de murciélagos grandes en los cafetales y de murciélagos pequeños en el remanente de bosque ($G = 36.61$, g. l. = 1, $p < 0.001$). El valor del índice de complementariedad (*C*) entre cafetales y bosques fue de 42%, lo que permite cuestionar la posible función de los cafetales como corredores entre remanentes de bosque. La riqueza estimada con el método de estudio en el área es de 17 especies y la riqueza observada representa aproximadamente 71% de esta estimación.

Palabras clave: murciélagos, cafetales, diversidad.

Kraker-Castañeda, C. & S. G. Pérez-Consuegra. 2011. Contribution of shaded coffee plantations to bat conservation in la Antigua Guatemala, Guatemala. *Acta Zoológica Mexicana (n. s.)*, 27(2): 291-303.

ABSTRACT. We studied bats in shaded coffee plantations and a forest remnant in the mountains around the valley of La Antigua Guatemala. We carried out a mist netting effort of 2880 m²h in each habitat and captured a total of 182 from 12 species. The number of species observed at each habitat was smaller than the non parametric Chao 2 estimator, 89% for the coffee plantations and 86% for the forest remnant, but close to the 90% satisfactory level. In the coffee plantations generalist species such as *Artibeus*, *Dermanura* and *Sturnira* dominated the bat assemblage, while species such as *Phyllostomus discolor* and *Myotis keaysi* were observed only in the forest remnant. There were no statistically significant differences in Shannon diversity (H') between habitats ($t = -0.1442$, g. l. = 133.83, $p = 0.88$), nevertheless forests showed a more even distribution of functional guilds in terms of percent of bats captured. There were statistically significant differences of the relative abundance of the first five fruit bats ranking in sample size ($G = 53.48$, g. l. = 4, $p < 0.001$). Forest remnants showed a significant greater representation of functional guilds different of fruit bats ($G = 11.06$, g. l. = 1, $p < 0.001$). We established a significant greater proportion of large bats in coffee plantations and a greater proportion of small bats in the forest remnant ($G = 36.61$, g. l. = 1, $p < 0.001$). The species complementarity (C) index between habitats was 42%, allowing us to question the possible function of the coffee plantations as corridors between forest remnants. The estimated richness with the study method is 17 species and we perceived 71% of this estimation.

Key words: bats, coffee crops, diversity.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de cultivo de café representan diferentes diseños biofísicos y niveles de manipulación de los ecosistemas, que tienen efecto en procesos ecológicos (Moguel & Toledo 1999). Estos sistemas se presentan en un gradiente continuo desde el manejo “tradicional” hasta el “moderno” (intensivo o tecnificado); este último para el año de 1990 ya ocupaba aproximadamente la mitad del área productora en Latinoamérica (Perfecto *et al.* 1996). Los cafetales tienden a localizarse en zonas ecológicas usualmente fragmentadas y degradadas, donde se han establecido pocas áreas protegidas y en muchos casos juegan papeles críticos para la diversidad biológica en estos paisajes, ya que ofrecen recursos como refugios, alimento, microclimas y microhábitats (Perfecto *et al.* 1996). Según Moguel & Toledo (1999) es posible distinguir cinco principales sistemas de producción de café: (1) El sistema tradicional rústico que sustituye solamente el sotobosque por plantas de café y mantiene la cobertura de árboles original; (2) El sistema de policultivo tradicional en donde se cultiva el café junto con una selección de especies nativas e introducidas útiles; (3) El sistema de policultivo comercial que involucra la remoción completa de los árboles originales del dosel y la introducción de un conjunto de árboles de sombra apropiados para el cultivo; (4) El sistema de monocultivo de sombra, en donde el dosel es sustituido por una única especie de sombra; y (5) El sistema de cultivo de café bajo sol que no tiene cobertura de dosel alguna y que ha perdido la característica de agroforestería.

Los murciélagos han sido sugeridos como indicadores biológicos debido a su abundancia y diversa representación ecológica, taxonómica y trófica (Medellín *et al.* 2000). Así mismo son considerados fundamentales en procesos de dispersión de semi-

llas, polinización de plantas y depredación de insectos (Vargas *et al.* 2008). Muchas de sus especializaciones son observadas en los hábitats prístinos, debido a lo cual la ausencia de estas características determina la ausencia de ciertas especies (Medellín *et al.* 2000). Recientemente se inició el estudio del efecto de la transformación de los bosques tropicales hacia agroecosistemas en la diversidad de murciélagos (Sosa *et al.* 2008) y específicamente para cafetales de la región podemos mencionar los estudios de Estrada *et al.* (1993), Pineda *et al.* (2005), García-Estrada *et al.* (2006), Sosa *et al.* 2008 y Williams-Guillén & Perfecto (2010). Para Sosa y colaboradores (2008) los resultados de estos estudios pueden dividirse en dos grupos: los que apoyan que la riqueza de murciélagos es menor en los agroecosistemas que en los bosques originales y los que apoyan que la riqueza es igual o mayor en los agroecosistemas que en los bosques originales. También hay estudios que informan que aunque la riqueza no se modifica, la abundancia relativa de las especies y la composición específica cambian (Sosa *et al.* 2008).

En Guatemala solamente se tiene identificada una investigación sobre murciélagos en cafetales y corresponde a la de Valle & Calvo (comunicación personal) en Palajunuj, Quetzaltenango. Estos autores estudiaron murciélagos en un gradiente de policultivo de sombra (combinación de árboles de sombra y árboles frutales como cítricos, banano y aguacate) a monocultivo de sombra (cultivado con *Inga* spp.) y encontraron una abundancia significativamente mayor en los policultivos, pero no encontraron diferencias significativas de la riqueza de especies. Extensas áreas del valle de La Antigua Guatemala han sustituido la vegetación natural por el cultivo del café y su sombra ha sido lograda con monocultivo de la planta conocida como Gravilea. Dicha transformación se presume tiene efecto en la fauna silvestre, sin embargo este fenómeno no ha sido documentado adecuadamente. Esta investigación representa la primera aproximación formal al estudio de los murciélagos en el valle de La Antigua Guatemala, a través de la comparación entre cafetales y un remanente de bosque. Se parte de la hipótesis de que en los cafetales la riqueza, abundancia relativa y diversidad es menor, así como la composición distinta, como respuesta a las características locales de manejo intensivo y tecnificado, y homogenización de la vegetación.

MATERIAL Y MÉTODOS

La Antigua Guatemala se encuentra en un valle ubicado en la región central de Guatemala, aproximadamente a 1530 msnm y presenta una temperatura media de 18.4°C, precipitación total que alcanza los 952.5 mm y humedad relativa de 75% (IGN 1999). Según la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge, en el área se encuentra un Bosque Húmedo Montano Bajo Subtropical (Castañeda 2008) y las especies típicas son *Pinus pseudostrabus*, *Pinus montezumae*, *Juniperus comitana*, *Alnus jorullensis*, *Prunus capulli*, *Arbutus xalapensis*, *Quercus* spp., *Ostrya* spp. y *Carpinus* spp.

La vegetación natural se encuentra limitada a las áreas montañosas. En este valle predominan los cafetales monoespecíficos bajo monocultivo de sombra de *Gravilea* (Proteaceae: *Grevillea robusta*). Este árbol tiene mejor crecimiento a elevaciones altas y sobrevive a bajas temperaturas (Perfecto *et al.* 1996). Dicho cultivo, previo a la estación lluviosa que inicia aproximadamente en el mes de junio, se poda con el propósito de obtener una buena penetración y distribución de luz dentro del cafetal. Según Moguel & Toledo (1999) estas plantaciones pueden ser considerarse especializadas, con prácticas intensivas y tecnificadas, cuya unidad de producción está enfocada en generar productos exclusivamente orientados al mercado.

El diseño de estudio consideró un factor (uso del suelo) con dos niveles o hábitats (cafetales y un remanente de bosque). Cada hábitat está compuesto por dos puntos de muestreo (dos cafetales cada uno con un punto de muestreo y un remanente de bosque en el área montañosa con dos puntos de muestreo). En cada punto de muestreo se tomaron seis muestras en sitios permanentes, distribuidos mensualmente en gran parte de la estación lluviosa (junio a noviembre de 2008). En cada punto se colocaron en el sotobosque dos redes de 12 m de longitud, 2.5 m de altura y 38 mm de luz de malla, que fueron abiertas durante cuatro horas a partir del atardecer. Estas redes se colocaron en caminos transitados por humanos ya que generalmente son utilizados como rutas de vuelo por los murciélagos (Schulze *et al.* 2000). El esfuerzo se midió como el producto del área de red desplegada por el número total de horas muestreadas (García-García *et al.* 2010). En cada punto se llevó a cabo un esfuerzo estándar de 1440 m²h, para totalizar 2880 m²h por hábitat. Los muestreos se llevaron a cabo en noches cercanas a luna nueva para evitar una disminución del éxito de las capturas en noches iluminadas (Sosa *et al.* 2008). Debido al bajo esfuerzo planificado no se consideró el marcaje de individuos y nuestras capturas solamente reflejan la presencia de un individuo, y no indican de qué manera el sitio es utilizado, como puede ser sugerido por las recapturas (Schulze *et al.* 2000). Se registraron datos convencionales de sexo, estado reproductivo, clase de edad con base al grado de fusión de la epífisis metacarpal (juvenil, subadultos y adulto), peso y longitud de antebrazo para cada individuo. Para identificar a los murciélagos se utilizaron la clave de Medellín *et al.* (1997) y la guía ilustrada de Reid (1997). Los puntos de muestreo considerados para los cafetales fueron los siguientes (Fig. 1): Finca Filadelfia, San Felipe de Jesús (Lat. 14°.57'607'', Long. -90°.73'16.1'', 1557 msnm, 101.1 ha), de ahora en adelante CFF y Finca Bella Vista, San Miguel Escobar (Lat. 14°.52'92.3'', Long. -90°.74'67.3'', 1527 msnm, 27.9 ha) de ahora en adelante CFB. Esta última finca a pesar de tener una menor área cultivada, se encuentra contigua a otros cafetales. Los puntos de muestreo considerados en el remanente de bosque fueron los siguientes (Fig. 1): Finca Carmona, San Juan del Obispo (Lat. 14°.50'89.0'', Long. -90°.69'93.0'', 1925 msnm) de ahora en adelante BFC y Finca El Pilar, San Cristóbal el Bajo (Lat. 14°.53'69.6'', Long. -90°.71'98.3'', 1703 msnm) de ahora en adelante BFP. La distancia

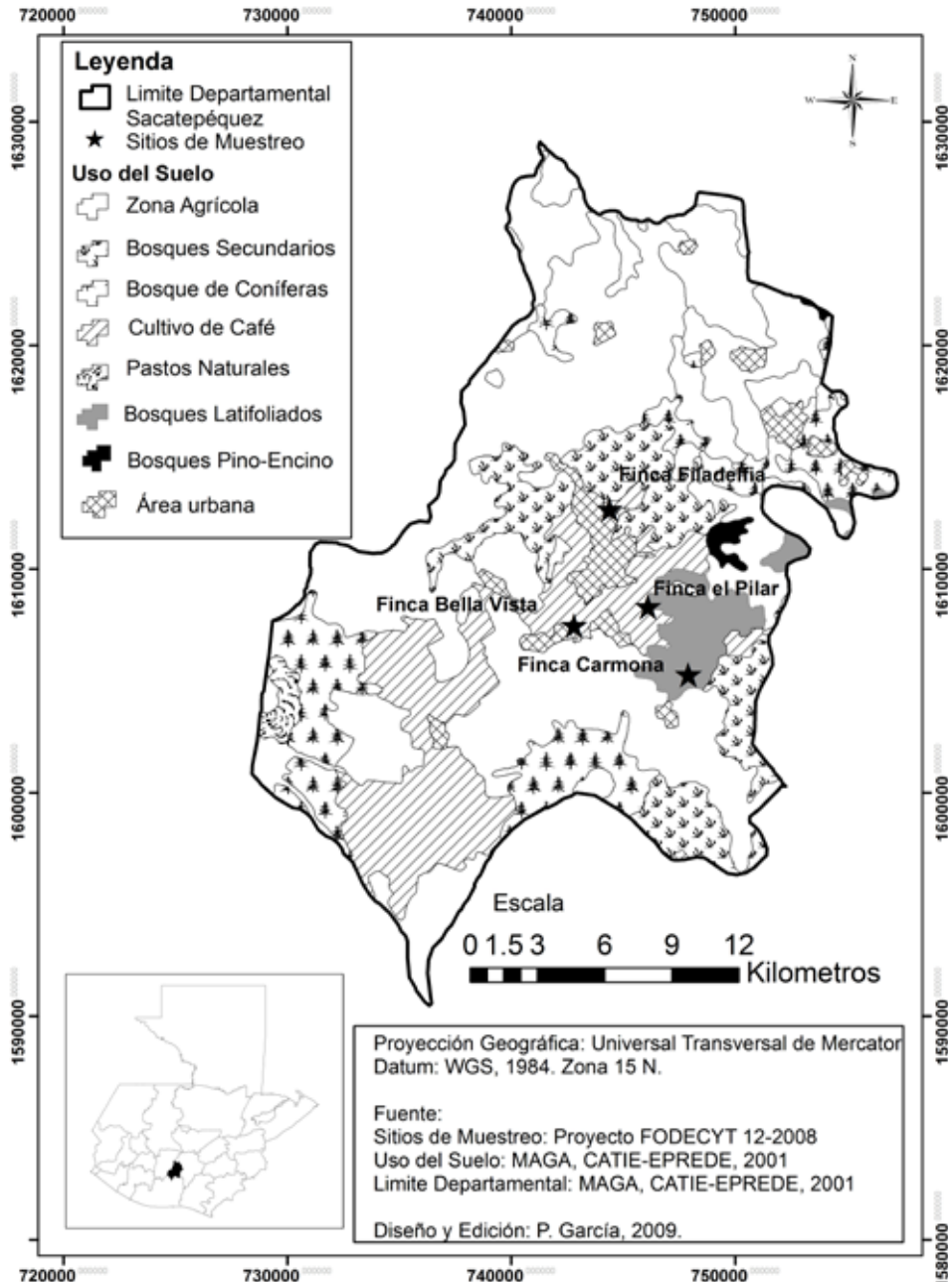


Figura 1. Límite geográfico del departamento de Sacatepéquez y ubicación de los puntos de muestreo en el valle de La Antigua Guatemala, Guatemala.

mínima lineal entre puntos de muestreo fue de 3.4 km y la máxima de 8.2 km. Los puntos de muestreo de los cafetales estaban separados entre sí por una distancia lineal de 5.6 km y los puntos de muestreo de los bosques por una distancia lineal de 3.4 km.

Se construyeron curvas de acumulación de especies para cada hábitat con 100 aleatorizaciones para eliminar la influencia del orden en que el muestreo fue hecho y suavizar la curva (Colwell 2005). Dichos cálculos se llevaron a cabo en el programa EstimateS ver. 7.5 (Colwell 2005). Las curvas fueron reescaladas al número de individuos para inferir diferencias de abundancia entre los hábitats (Williams-Guillén & Perfecto 2010). Se calculó la riqueza promedio con el estimador no paramétrico de Chao 2, que se basa en la incidencia (presencia/ausencia) de especies (Colwell 2005). Estos estimadores no parten de suposiciones acerca de la muestra y distribución de los datos (Escalante 2003) y han sido utilizados por distintos autores en estudios sobre murciélagos (Pineda *et al.* 2005, Castro-Luna *et al.* 2007, Sosa *et al.* 2008, Vargas *et al.* 2008, Williams-Guillén & Perfecto 2010). El cálculo de estos estimadores permite generar intervalos de 95% de confianza para determinar la significancia estadística de los valores (Colwell 2005). Dichos cálculos se llevaron a cabo en el programa EstimateS ver. 7.5 (Colwell 2005). Se determinó que tan completo fue el inventario calculando el porcentaje de las especies observadas respecto al cálculo de este estimador (Moreno & Halffter 2000). Se consideró un muestreo de 90% como satisfactorio (Moreno & Halffter 2000, Castro-Luna *et al.* 2007, Williams-Guillén & Perfecto 2010). Se calculó el valor del índice de Shannon (H') para cada hábitat, y se llevó a cabo una prueba modificada de t de Hutchenson para establecer diferencias estadísticamente significativas entre dichos valores. Estos cálculos se llevaron a cabo en el programa PAST ver. 2.03 (Hammer *et al.* 2008). Las diferencias de la abundancia relativa entre hábitats fueron analizadas por medio de una prueba de independencia de G con corrección de Williams (Sokal & Rohlf 1995). Esta prueba fue aplicada para las cinco especies cuyo tamaño de muestra o abundancia relativa era adecuado, generando una tabla de 2×5 . Para comparar la composición de especies entre los hábitat se utilizó el índice de complementariedad (C) sugerido por Pineda y colaboradores (2005), que está basado en datos cualitativos (presencia/ausencia), para permitir la comparación con su estudio. Este índice presenta un valor de 0 cuando el listado de especies entre dos sitios es idéntico y un valor de 100 cuando difieren completamente (Moreno 2001). Para establecer si la composición de gremios funcionales era dependiente del hábitat se agruparon las especies en categorías basadas en su historia natural (hábitos alimenticios y tamaño corporal) como sugerido por Pineda y colaboradores (2005). Estas categorías fueron comparadas entre hábitats por medio de una prueba de independencia de G con corrección de Williams (Sokal & Rohlf 1995). Para los hábitos alimenticios solamente se diferenciaron a los murciélagos frugívoros de otros gremios, generando una tabla de 2×2 , ya que para cumplir los

supuestos de tamaño de muestra fue necesario reagrupar clases (Sokal & Rohlf 1995). Para los tamaños corporales los murciélagos se clasificaron con base en la longitud de antebrazo como grandes (>50 mm) o pequeños (<50 mm), generando una tabla de 2 × 2 (Pineda *et al.* 2005). Para estimar la diversidad total del paisaje se utilizó el cálculo propuesto por Lande, el cual está basado en los componentes *alfa* y *beta* de la diversidad (Moreno 2001).

RESULTADOS

Se capturaron un total de 182 murciélagos de 12 especies (Cuadro 1). En Guatemala se tienen registradas 95 especies (MacCarthy & Pérez 2006) y se calcula haber percibido aproximadamente 12.7% de la riqueza del país. Se capturaron 100 individuos y

Cuadro 1. Listado de especies de murciélagos capturados con redes de niebla en el valle de La Antigua Guatemala, Guatemala. F = frugívoro, N = nectarívoro, O = Omnívoro, H = hematófago, I = insectívoro, G = grande y P = pequeño.

	CFB	CFE	BFP	BFC	Gremio	Tamaño
PHYLLOSTOMIDAE						
Stenodermatinae						
<i>Artibeus lituratus</i>	16 (28.6)	12 (27.3)	6 (10.7)	4 (15.4)	F	G
<i>Artibeus intermedius</i>	10 (17.9)	4 (9.1)	1 (1.8)	1 (3.8)	F	G
<i>Artibeus jamaicensis</i>	13 (23.2)	10 (22.7)	2 (3.6)	0	F	G
<i>Dermanura azteca</i>	1 (1.8)	14 (31.8)	0	0	F	P
<i>Dermanura tolteca</i>	0	3 (6.8)	17 (30.4)	0	F	P
<i>Chiroderma salvini</i>	0	0	6 (10.7)	0	F	P
<i>Sturnira ludovici</i>	12 (21.4)	0	16 (28.6)	16 (61.5)	F	P
<i>Sturnira lilium</i>	3 (5.4)	1 (2.3)	2 (3.6)	0	F	P
Glossophaginae						
<i>Glossophaga leachii</i>	0	0	1 (1.8)	0	N	P
Desmodontinae						
<i>Desmodus rotundus</i>	1 (1.8)	0	3 (5.4)	0	H	G
Phyllostominae						
<i>Phyllostomus discolor</i>	0	0	1 (1.8)	0	O	G
VESPERTILIONIDAE						
Vespertilioninae						
<i>Myotis keaysi</i>	0	0	1 (1.8)	5 (19.2)	I	P
Individuos (N)	56	44	56	26		
Especies (S)	7	6	11	4		

8 especies en los cafetales, y 82 individuos y 11 especies en el remanente de bosque. Ninguno de los hábitats en particular presentó todas las especies documentadas en el estudio. Las curvas de acumulación de especies reflejan las diferencias de riqueza y abundancia entre dichos hábitat (Fig. 2). La riqueza calculada con base al estimador fue de 8.92 especies para los cafetales y de 12.81 para los bosques, sin embargo el traslape en los intervalos de confianza alrededor de las estimaciones indica que las diferencias no son estadísticamente significativas (Fig. 3). Con base a la riqueza observada se percibió 89% de la estimación en los cafetales y 86% en el remanente de bosque; estas estimaciones son cercanas al nivel satisfactorio de 90%. El valor del índice de diversidad de Shannon fue de 1.7537 para los cafetales y de 1.772 para el remanente de bosque, sin embargo esta diferencia no es estadísticamente significativa con base a la prueba de t ($t = -0.1442$, g. l. = 133.83, $p = 0.88$). La diferencia de abundancia relativa de las cinco especies con tamaño de muestra adecuado fue estadísticamente significativa ($G = 53.48$, g. l. = 4, $p < 0.001$). La diversidad a escala de paisaje se calcula aproximadamente en 17 especies, con un aporte de 40% de la diversidad alfa y de 60% de la diversidad beta. Se calcula haber percibido aproximadamente 71% de la riqueza en el área, aunque estas estimaciones corresponden a un solo método de muestreo.

El valor del índice de complementariedad entre los cafetales y el remanente de bosque es de 42%. Estos hábitat compartieron las siguientes especies: *Artibeus lituratus*, *A. intermedius*, *A. jamaicensis*, *Dermanura tolteca*, *Sturnira ludovici*, *S. lilium*

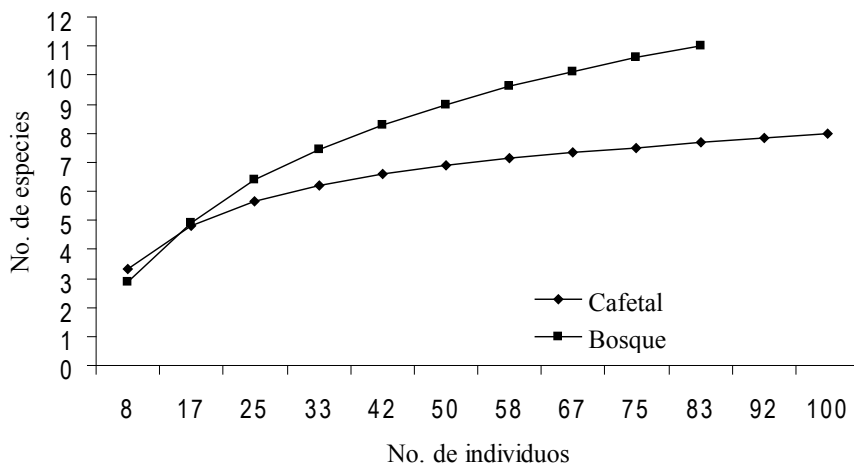


Figura 2. Curva de acumulación de especies reescalada a número de individuos capturados. Se observan las diferencias de riqueza y abundancia entre los hábitats. Se utilizó el programa EstimateS ver. 7.5 (Colwell 2005).

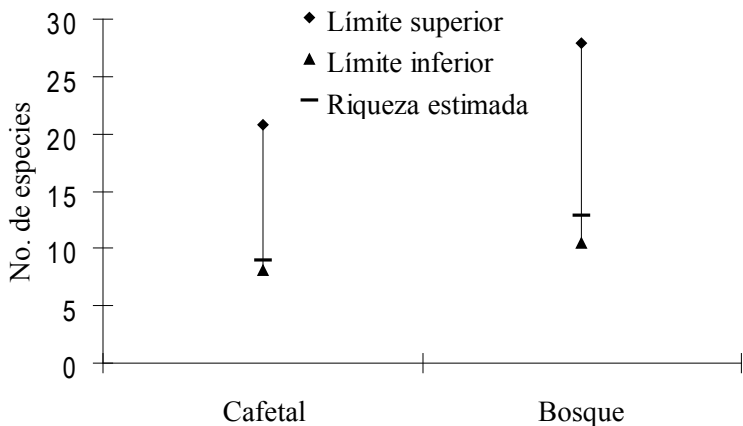


Figura 3. Riqueza calculada con el estimador no paramétrico Chao 2 y sus intervalos al 95% de confianza. Se observa traslape de los intervalos de confianza, indicando que no hay diferencias estadísticamente significativas de la riqueza entre hábitats. Se utilizó el programa EstimateS ver. 7.5 (Colwell 2005).

y *Desmodus rotundus*, y se diferenciaron por la ausencia de *Chiroderma salvini*, *Glossophaga leachii*, *Phyllostomus discolor* y *Myotis keaysi* en los cafetales, estas dos últimas referidas en la literatura como sensibles a la perturbación (Galindo-González 2004), y la ausencia de *Dermanura azteca* en los bosques. El valor de complementariedad entre hábitats es relativamente alto en comparación con el 18% determinado en el estudio de Pineda y colaboradores (2005) en plantaciones de café bajo sombra con pocultivo tradicional en Veracruz, México, lo que permite cuestionar la posible función de los cafetales en el área de estudio, con sus condiciones actuales, como corredores entre remanentes de bosque.

Los bosques exhibieron una representación significativamente mayor de gremios funcionales distintos a los frugívoros ($G = 11.06$, g. l. = 1, $p < 0.001$) (Fig. 4). El gremio mejor representado en los cafetales fueron los frugívoros con 99% de las capturas, seguido de los hematófagos con 1%. El gremio mejor representando en el remanente de bosque fueron los frugívoros con 86.6% de las capturas, seguido de los insectívoros con 7.3%, los hematófagos con 3.7% y los nectarívoros y omnívoros con 1.2% respectivamente. El punto de muestreo presente en el BFP presentó la mayor riqueza de especies de murciélagos, así como representación de todos los gremios funcionales encontrados durante el estudio, distinción probablemente influida por el mayor grado de conservación de este sitio. El 82.2% de los murciélagos frugívoros de talla corporal grande fueron capturados en los cafetales y 17.8% en los bosques. El 63% de los murciélagos de talla corporal pequeña fueron capturados en los bosques

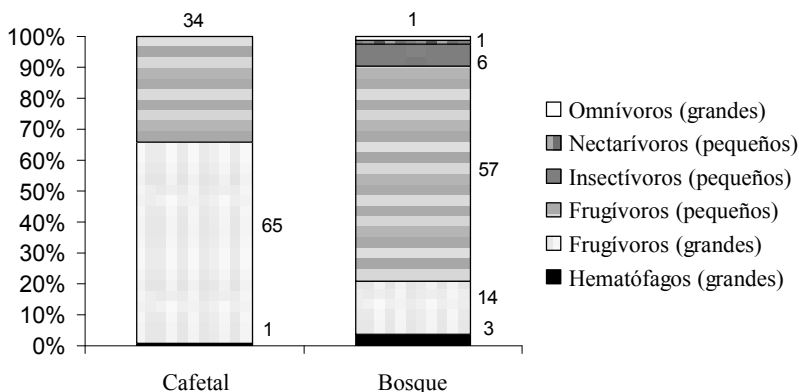


Figura 4. Representación de gremios funcionales como porcentajes en cada hábitat.

y 37% en los cafetales. Las diferencias de proporción de murciélagos frugívoros de tamaño corporal grande y pequeño fueron estadísticamente significativas ($G = 36.61$, g. l. = 1, $p < 0.001$).

DISCUSIÓN

Pineda y colaboradores (2005) compararon cafetales bajo sombra con policultivo tradicional y fragmentos de bosque en Veracruz, México, utilizando el mismo estimador y percibieron 95% de la riqueza en los cafetales y 84% de la riqueza en los bosques, porcentajes similares a los de nuestro estudio, que fueron cercanos al nivel satisfactorio de 90%. Aun cuando observamos diferencias de la riqueza de especies entre hábitats, según nuestros cálculos estas no son estadísticamente significativas, al igual que los valores de diversidad, sin embargo en el remanente de bosque hay especies aparentemente exclusivas que son referidas en la literatura como sensibles a la transformación del paisaje y cuyas poblaciones podrían estar sujetas a extinciones locales debido a la presión de las actividades humanas. La diferencia en abundancia relativa entre hábitats, de las cinco especies con mayor tamaño de muestra, fue estadísticamente significativa, lo que puede ser explicado por distintas características de la vegetación entre los cafetales (hábitats homogéneos) y el remanente de bosque (hábitat heterogéneo), que hacen variar el tipo de recursos presentes. Pineda y colaboradores (2005) calcularon un valor de complementariedad de 18%, que proponen está influenciado por la poca similitud en el ambiente y estructura de la vegetación entre los cafetales y fragmentos de bosque, en comparación con el valor de 42% de nuestro estudio, que permite cuestionar la posible función de los cafetales como corredores en el paisaje. En estos casos la riqueza de especies puede estar influenciada por el

paisaje circundante al cafetal, así como cercanía a carreteras, ciudades y entornos relativamente homogéneos (fincas con manejo y estructura semejantes) (Sosa *et al.* 2008). Con base a nuestras estimaciones, en los cafetales se espera una especie adicional y en el remanente de bosque dos especies adicionales. A escala de paisaje no alcanzamos el nivel satisfactorio de 90%.

Otros autores también han observado que las distintas proporciones de gremios funcionales son dependientes del hábitat (Pineda *et al.* 2005, Williams-Guillén & Perfecto 2010), lo que concuerda con los datos de La Antigua Guatemala. También se ha planteado que los frugívoros son el gremio menos afectado por la perturbación (Pineda *et al.* 2005, Castro Luna *et al.* 2007, Sosa *et al.* 2008). El resto de especies se ven afectadas por la eliminación de los recursos para los cuales están especializadas. Por ejemplo, los murciélagos nectarívoros estuvieron ausentes en los cafetales debido probablemente a la baja disponibilidad de recursos florales y aunque se ha documentado que hay especies que se alimentan de las flores de algunos árboles utilizados como sombra (p. e. *Inga*) (Sosa *et al.* 2008), aparentemente no sucede lo mismo con la *Gravilea*, que además es podada en cierta época del año, comprometiendo cualquier potencial recurso, ya sea alimento o refugio. En algunos cafetales, de forma similar en nuestra área de estudio, se pueden encontrar, aunque con baja frecuencia, plantas arbustivas de los géneros *Solanum*, *Eriobotrya* e *Inga*, que proveen alimento a los murciélagos filostómidos (Sosa *et al.* 2008). Saldaña y colaboradores (2010) proponen que con el objetivo de manejo del paisaje, el mantenimiento de recursos alimenticios en los cafetales, para murciélagos con distintos requerimientos, beneficia la resiliencia de los murciélagos a la modificación de su hábitat natural.

La proporción de murciélagos de talla corporal pequeña fue significativamente mayor en el remanente de bosque de nuestra área de estudio, patrón que ha sido observado en la región por otros autores (Pineda *et al.* 2005, Williams-Guillén & Perfecto 2010). Sosa y colaboradores (2008) encontraron menor proporción de frugívoros pequeños en plantaciones con mayor intensificación en el manejo. Saldaña y colaboradores (2010) en un estudio llevado a cabo en cafetales bajo sombra y fragmentos de bosque nuboso, determinaron que la abundancia de *Sturnira* (tamaño corporal pequeño) fue mayor en los fragmentos de bosque y la abundancia de *Artibeus* (tamaño corporal grande) fue similar en ambos hábitat, lo cual sugieren está influenciado por la baja densidad de plantas quiropterócoras en los cafetales. La respuesta de los murciélagos a la perturbación puede ser explicada por la dieta, ya que *Artibeus* es un especialista de árboles, mientras que *Sturnira* consume en gran proporción arbustos que son abundantes en áreas perturbadas (Medellín *et al.* 2000). Las plantas pioneras usualmente son eliminadas y sustituidas en los cafetales, por lo cual esta relación puede ser alterada (Williams-Guillén & Perfecto 2010, Saldaña *et al.* 2010). Para Saldaña y colaboradores (2010) *Artibeus* es común en cafetales debido a que la estructura de la vegetación les permite mayor maniobrabilidad y en su estudio se

abastece a una escala mayor que el tamaño de los fragmentos de bosque y cafetales, mientras que *Sturnira* se abastece a una escala menor, lo cual infieren por un mayor número de recapturas de este último.

Existen recomendaciones generales para mejorar las condiciones que proveen refugio y alimentación para los murciélagos en los cafetales y para mejorar la función de estos como corredores en el paisaje. Entre estas podemos sugerir la diversificación del cultivo de sombra, la plantación de especies quiropterócoras y quiropterófilas y aún en experimentación en regiones tropicales, la implementación de refugios artificiales para propiciar la colonización por murciélagos en las áreas perturbadas.

AGRADECIMIENTOS. Los datos de esta publicación se derivan del proyecto en la línea de financiamiento Fondo para el Desarrollo Científico y Tecnológico (FODECYT) no. 12-2008, otorgado por la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT) de Guatemala. Se agradece la colaboración de los propietarios y administradores de las fincas por permitir el desarrollo de esta investigación; a los trabajadores que apoyaron en los muestreos; a los amigos, colegas y familia que apoyaron en el trabajo de campo, específicamente a Elmer Rojas, Elizabeth Solórzano y Jorge Carlos Nájera; a Pavel García por la elaboración del mapa; al Dr. José Antonio Santos Moreno por sus recomendaciones y a dos revisores anónimos que ayudaron a mejorar el manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Colwell, R.** 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 7.5. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.
- Castro-Luna, A. A., V. J. Sosa & G. Castillo-Campos.** 2007. Bat Diversity and abundance associated with the degree of secondary succession in a tropical forest mosaic in south-eastern Mexico. *Animal Conservation*, 10: 219-228.
- Galindo-González, J.** 2004. Clasificación de los murciélagos de la región de Los Tuxtlas, Veracruz, respecto a su respuesta a la fragmentación del hábitat. *Acta Zoológica Mexicana*, 20: 239-243.
- García, C., A. Darmon, C. Sánchez, L. Soto & C. Ibarra.** 2006. Bat diversity in a montane rainforest and shaded coffee under different management regimes in southeastern Chiapas, México. *Biological Conservation*, 132: 351-361.
- García-García, J. L., A. Santos-Moreno & A. Rodríguez-Alamilla.** 2010. Population dynamics of the bat *Dermanura tolteca* (Chiroptera: Phyllostomidae) in a tropical forest in Mexico. *Revista de Biología Tropical*, 58: 1323-1334.
- Castañeda, C.** 2008. Diversidad de Ecosistemas de Guatemala, pp.: 181-229. In: Azurdia, C., F. García & M. M. Ríos (Eds.). *Guatemala y su Biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico*. Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), Oficina Técnica de Biodiversidad (OTECBIO). Guatemala.
- Escalante, T.** 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Revista Elementos*, 52: 53-56.
- Estrada, A., R. Coates-Estrada & D. Meritt.** 1993. Bat species richness and abundance in tropical rain forest fragments and in agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Ecography*, 16: 309-318.
- Hammer, O., D. A. T. Harper & P. D. Ryan.** 2001. PAST ver. 2.03: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4: 1-9.

- IGN (Instituto Geográfico Nacional).** 1999. *Diccionario Geográfico Nacional*. Ministerio de Comunicaciones y Defensa. Gobierno de Guatemala. Guatemala. Pp. 137-143.
- McCarthy, T. & S. Pérez.** 2006. Land and freshwater mammals of Guatemala: faunal documentation and diversity. Pp. 625-674. *In*: Cano, E. (Ed.). *Biodiversidad de Guatemala*. Universidad del Valle de Guatemala (UVG). Guatemala.
- Medellín, R., H. Arita & O. Sánchez.** 1997. *Identificación de los murciélagos de México: clave de campo*. Talleres Offset Rebosán, S. A. México. 83 pp.
- Medellín, R. A., M. Equihua & M. A. Amin.** 2000. Bat Diversity and Abundance as Indicators of Disturbance in Neotropical Rain Forests. *Conservation Biology*, 14: 1666-1675.
- Moguel, P. & V. M. Toledo.** 1999. Biodiversity Conservation in Traditional Coffee Systems of Mexico. *Conservation Biology*, 13: 11-21.
- Moreno, C. & G. Halffter.** 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 37: 149-158.
- Moreno, E.** 2001. *Métodos para medir la Biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, volumen 1. Zaragoza. 84 pp.
- Perfecto, I., R. A. Rice, R. Greenberg & M. A. Van der Voort.** 1996. Shade Coffee: A Disappearing Refuge for Biodiversity. *BioScience*, 46: 598-608.
- Pineda, E., C. Moreno, F. Escobar & G. Halffter.** 2005. Frog, Bat, and Dung Beetle Diversity in the Cloud Forest and Coffee Agroecosystems of Veracruz, Mexico. *Conservation Biology*, 19: 400-410.
- Reid, F.** 1997. *A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico*. Oxford University Press, New York. 334 pp.
- Saldaña-Vásquez, R. A., V. J. Sosa, J. R. Hernández-Montero & F. López-Barrera.** 2010. Abundance responses of frugivorous bats (Stenodermatinae) to coffee cultivation and selective logging practices in mountainous central Veracruz, Mexico. *Biodiversity Conservation*, 19: 2111-2124.
- Schulze, M., N. Seavy & D. Whitacre.** 2000. A comparison of the Phyllostomid bat assemblages in undisturbed Neotropical forest and in forest fragments of a slash-and-burn farming mosaic in Petén, Guatemala. *Biotropica*, 32: 174-184.
- Sokal, R. R. & F. J. Rohlf.** 1995. *Biometry*. Third Edition. W. H. Freeman and Company, New York, U.S.A. 887 pp.
- Sosa, V., E. Hernández-Salazar, D. Hernández-Conrique & A. Castro-Luna.** 2008. Murciélagos (Mammalia: Chiroptera). Pp. 181-192. *In*: Manson, R., V. Hernández-Ortíz, S. Gallina & K. Melhretreter (Eds.). *Agroecosistemas Cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, Manejo y Conservación*. Instituto de Ecología A. C. (INECOL). México.
- Vargas, A., L. F. Aguirre, M. I. Galarza & E. Gareca.** 2008. Ensamblajes de murciélagos en sitios con diferente grado de perturbación en un bosque montano del Parque Nacional Carrasco, Bolivia. *Mastozoología Neotropical*, 15: 297-308.
- Williams-Guillén, K. & I. Perfecto.** 2010. Effects of Agricultural Intensification on the Assemblage of Leaf-Nose Bats (Phyllostomidae) in a Coffee Landscape in Chiapas, Mexico. *Biotropica*, 42: 605-613.