



MURCIÉLAGOS EN BOSQUES ALTO-ANDINOS, FRAGMENTADOS Y CONTINUOS, EN EL SECTOR OCCIDENTAL DE LA SABANA DE BOGOTÁ (COLOMBIA)

Jairo Pérez-Torres¹, Jorge A. Ahumada P.²

¹ Laboratorio de Ecología de Poblaciones y Comunidades. Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS), Departamento de Biología, Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana, Carrera 7ª No. 43-82, Bogotá, D.C.

² U.S. Geological Survey (USGS), National Wildlife Health Center.
6006 Schoroeder Rd. Madison, WI 53706. USA.
jaiperez@javeriana.edu.co, jahumada@usgs.gov

RESUMEN

Se caracterizó la estructura y composición de la comunidad de murciélagos en dos fragmentos de bosque y dos bosques alto-andinos no fragmentados de mayo de 1998 a abril de 1999. Tanto la diversidad como la abundancia específica fue menor en los fragmentos, con pocas especies dominantes en la comunidad (p.e. *Artibeus* sp., *Anoura geoffroyi* y *Myotis oxyotus*). En los fragmentos, únicamente los murciélagos frugívoros presentaron reducción (42%) en la riqueza de especies (*Carollia brevicauda*, *Artibeus hartii*, *Sturnira bidens*, *Sturnira ludovici* y *Sturnira oporaphilum*). Este resultado sugiere que los murciélagos frugívoros son más propensos a la extinción local debido a la fragmentación del hábitat.

Palabras clave: bosque nublado, Colombia, comunidad, diversidad, fragmentación del hábitat, murciélagos

ABSTRACT

The structure and composition of bat communities of the high Andean forest was studied from May, 1998 to April, 1999. The bat species composition and diversity in two isolated fragments surrounded by pastureland was compared with that of two continuous forests. Diversity and abundance of species decreased in fragments, with only a few species dominating (e.g. *Artibeus* sp., *Anoura geoffroyi* and *Myotis oxyotus*). Only frugivore bat species showed a reduction (42%) in species richness in the fragments (*Carollia brevicauda*, *Artibeus hartii*, *Sturnira bidens*, *Sturnira ludovici* and *Sturnira oporaphilum*). This result suggests that frugivorous bats may be more prone to extinction due to habitat fragmentation.

Keywords: Bats, Colombia, community, diversity, habitat fragmentation, high mountain cloud forest

INTRODUCCIÓN

El estudio de los efectos de la fragmentación del hábitat sobre las comunidades naturales ha sido objeto de muchas investigaciones en los últimos 20 años (Hunter, 1996; Meffe & Carroll, 1997). En el neotrópico existen pocos estudios sobre los cambios poblacionales que genera la frag-

mentación y la gran mayoría de trabajos se han realizado en tierras bajas. Respecto a los efectos de la fragmentación del hábitat sobre organismos individuales, las aves ha sido el grupo más estudiado (Haskell, 1995; Villard *et al.*, 1995). De los mamíferos, el grupo de los murciélagos (Chiroptera) es un buen modelo para estudiar los cambios que la fragmentación del hábitat ejerce so-

bre las comunidades animales, dado que como grupo abarcan un amplio espectro trófico y muchas especies tienen una alta especificidad de hábitat.

Dado sus hábitos nocturnos, los murciélagos exigen un alto esfuerzo de muestreo (Kunz, 1988). Por otra parte, debido a que su diversidad y abundancia disminuye con la altitud (McNab, 1971; Muñoz, 1990), este grupo no había sido trabajado más allá de los inventarios y las descripciones de dietas en alturas superiores a los 2.600 metros de elevación en Colombia (Tamsitt *et al.*, 1964; Valdivieso, 1964; Alberico & Orejuela, 1982; Alfonso & Cadena, 1994; Muñoz, 1990). Sin embargo, los murciélagos son ideales para abordar problemas ecológicos debido a que como grupo, poseen una especialización trófica sólo comparable con las aves (Altringham, 1996). Se encuentran especies piscívoras, hematófagas, carnívoras, frugívoras, nectarívoras, insectívoras y omnívoras (Nowak, 1994).

En Colombia, los estudios sobre la composición de la comunidad de los murciélagos se han referido principalmente a inventarios en localidades o ambientes particulares (p.e Arata & Vaughn, 1970, Tamsitt *et al.*, 1964; Valdivieso, 1964; Alberico & Orejuela, 1982; Muñoz-Saba, *et al.*, 1997, Sánchez-Palomino *et al.*, 1993). Son muy pocos los estudios que han determinado asociaciones entre la estructura y composición de estas comunidades con las características ecológicas de los ambientes donde viven (Alfonso & Cadena, 1994; Muñoz-Saba *et al.*, 1997, Rivas-Pava *et al.*, 1996).

El objetivo fundamental de este trabajo fue conocer si la estructura y la composición de las comunidades de murciélagos en bosques alto-andinos variaba entre fragmentos de bosque y áreas de bosque no

fragmentado. Como hipótesis de trabajo se planteó, que la estructura y composición de la comunidad de los murciélagos en los fragmentos de bosque sería diferente respecto a los bosques no fragmentados. Para esto se hizo un seguimiento durante doce meses en dos fragmentos y dos áreas continuas. Se diferenciaron dos niveles para la comparación de las comunidades: análisis de diversidad alfa (descripción en cada una de las áreas de muestreo) y análisis de diversidad beta (comparación entre cada una de las áreas de muestreo), comparando tanto la estructura como la composición de la comunidad. Los resultados presentados en este artículo establecen el comienzo para empezar a entender cómo la fragmentación puede afectar la dinámica de este grupo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la falla occidental de la Sabana de Bogotá, en un rango de altura de 2.750 y 2.850 m.s.n.m. donde se encuentran tanto zonas de bosque altoandino no fragmentado, como fragmentos de este (figura 1). El uso de la tierra en esta zona es variado y está dedicado a la ganadería, la agricultura, cultivos de flores, recreación y vivienda. En esta región se han reducido de manera importante las áreas naturales y sólo se encuentran bosques relictuales en la cota de los 2.600 m.s.n.m. de la Sabana, que en general no son aptos para agricultura.

Se trabajó en dos bosques que formaban parte de un mosaico de fragmentos de diferentes tamaños (2-15 hectáreas) formados hace más de 50 años y la mayoría rodeados por pastizales, cultivos y/o bosques de especies foráneas (Ahumada, 2000). Las dos áreas de bosque no fragmentado (las cuales se denominarán áreas continuas) se encuentran dentro de dos formaciones de bosque continuo sobre la denominada "falla de Bogotá".

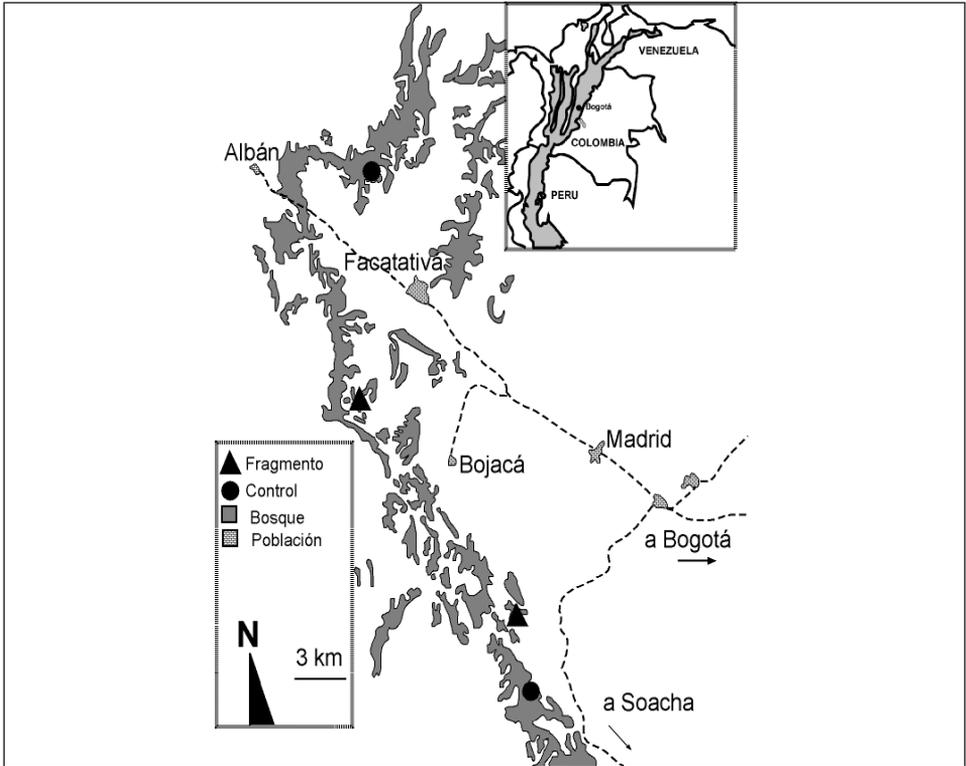


Figura 1. Localización geográfica de los fragmentos (triángulos) y las dos áreas continuas (círculos) en el sector occidental de la Sabana de Bogotá.

Dentro de las áreas continuas se delimitaron dos áreas de tamaño similar al de los fragmentos ubicadas en las fincas San Cayetano (850 hectáreas, km 8 vía a La Mesa, 04°37'44" N y 74°18'49" W, 2750 m.s.n.m.) y La Selva (2000 hectáreas, 2 km al norte de Facatativá, 04°52'19" N y 74°22'49" W, 2850 m.s.n.m.). Los fragmentos se encuentran en las fincas El Silencio (10 hectáreas, km 10 vía La Mesa, 04°36'72" N y 74°18'21" W, 2750 m.s.n.m.), y Miralejos (5 hectáreas, cerca a Zipacón, 04°45'82" N y 74°23'71" W, 2850 m.s.n.m.).

Las cuatro áreas se caracterizaron por tener un relieve de plano a inclinado, con bosque maduro muy poco intervenido.

Las especies vegetales predominantes pertenecieron a las familias Araceae (*Anthurium*), Melastomateceae (*Miconia*, *Tibouchina*, *Bucquetia* y *Clidemia*), Rubiaceae (*Palicourea*), Bromeliaceae (*Bromelia*), Amaryllidaceae (*Bomarea*), Guttiferaceae (*Clusia*), Ericaceae (*Macleania*), Winteraceae (*Drimys*) y Asteraceae (*Ageratina*, *Erato* y *Eupatorium*). Se encontraron también algunas especies de orquídeas (*Pleurotalis* y *Epidendron*). La temperatura promedio anual es de 12°C. El promedio anual de precipitación es de aproximadamente 1.000 mm, con un patrón bimodal, donde las dos épocas húmedas (abril-mayo y octubre-noviembre) están separadas por épocas relativamente secas.

Se realizó una fase exploratoria de cuatro meses (enero - abril de 1998) para delimitar el área de estudio, escoger los fragmentos y hacer muestreos preliminares para ajustar los esfuerzos de captura y estandarizar los métodos de registro de datos de campo y laboratorio. Mediante interpretación de fotografías aéreas y mapas topográficos se hizo una selección de los bosques potencialmente aptos para el muestreo. Se tuvo como criterio de selección la edad (más de 50 años), el tamaño (<20 hectáreas), el estado de conservación (sin evidencia de perturbación en los últimos 20 años), la forma, la orientación, el grado de pendiente y el uso de la matriz circundante (pastizales o rastrojos bajos) y la menor diferencia posible desde el punto de vista florístico. Además, se tuvieron en cuenta aspectos como la facilidad de acceso, los permisos, la seguridad y otros aspectos logísticos.

Para las comparaciones de este trabajo se escogió como factor de diseño la fragmentación con dos niveles: fragmentos y áreas continuas. Se consideró como unidad de respuesta a cada fragmento de bosque y cada área demarcada dentro del bosque continuo (de igual tamaño al de los fragmentos). Se determinaron dos réplicas de cada una de las unidades de respuesta (Pérez-Torres, 2001).

Se abrieron dos trochas, una en orientación norte-sur y la otra en orientación oriente-occidente del fragmento (ambas pasando por el centro), que sirvieron para realizar los muestreos de murciélagos. Las capturas de los murciélagos se hicieron con mallas de niebla, para hacer un inventario preliminar y determinar los gremios presentes (Fernández *et al.*, 1988).

Caracterización de la composición de la comunidad de murciélagos

Se realizaron salidas de campo mensuales (mayo de 1998 - abril de 1999) a cada lugar

de muestreo, cada una con duración de tres días. Se tuvo en cuenta que la Luna no se encontrara en fase de luna llena. Para cada bosque se utilizaron 20 mallas de niebla (6x2,6 metros con ojo de 2 cm²), las cuales se ubicaron en las trochas ya abiertas, a distancias escogidas previamente de manera aleatoria y todas se abrieron desde las 18:00 h hasta las 6:00 h del día siguiente. De esta manera se obtuvo un total de esfuerzo de muestreo de 480 horas/bosque/mes y un total 11.520 horas de muestreo. Con el fin de aumentar el éxito de captura las mallas se colocaron a dos alturas diferentes: 0-4 m (n=12-14) y >4 m (n= 8-6).

Para registrar la estructura y composición de la comunidad, se identificaron los individuos capturados hasta especie (Fernández *et al.*, 1988; Anderson, 1997; Linares, 1998; Albuja, 1999) y se anotó el tipo de hábito alimentario (Whitaker, 1996). Se marcaron los individuos mediante anillos numerados con el fin de verificar si había o no intercambio de individuos entre cada una de las áreas de estudio. Se registró el número de individuos por especie, estado de desarrollo (Anthony, 1996), sexo y estado reproductivo (Altringham, 1996). Los ejemplares colectados fueron depositados en el Museo Javeriano de Historia Natural de la Pontificia Universidad Javeriana (Números MUJ: 0309 - 0403).

Para iniciar el análisis de la composición se utilizó el índice de éxito de captura E (individuos-noche/horas-malla) como un indicador de abundancia relativa para cada una de las cuatro áreas (Ecuación 1):

$$E = \frac{Nn}{Mh} \quad (1)$$

donde: N = número de individuos capturados, n = número de noches de muestreo, m = número de mallas totales, h = número de horas de muestreo.

El éxito de captura se comparó mediante la prueba de Kruskal-Wallis y posteriormente con una prueba de Mínima Diferencia Significativa (Zar, 1996).

Para la descripción de cada una de las áreas de muestreo se distinguieron dos tipos de análisis: Métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica) para describir la composición; y métodos basados en la estructura de la comunidad. Este último se refiere a la distribución proporcional del valor de importancia de cada una de las especies (tanto dominancia como la equidad o uniformidad).

La riqueza específica se describió mediante el Índice de Diversidad de Margalef (Moreno, 2001). Se generaron funciones de acumulación de especies tomando el número de meses muestreados como el esfuerzo de muestreo (Moreno & Halfiter, 2000). Para eliminar la influencia del orden en el cual los meses fueron adicionados al total, la muestra fue aleatorizada 1.000 veces utilizando el programa EstimateS (Colwell, 2000). Este procedimiento suaviza la curva de acumulación de especies al repetir la reordenación de las muestras (Longino & Colwell, 1997). La curva generada es la predicción del número de especies esperadas en función del número acumulado de muestras.

Para evaluar la estructura de la comunidad a partir de curvas de rango-abundancia se determinó si la distribución del arreglo de las abundancias de las especies se ajustaba a alguno de los modelos paramétricos básicos de diversidad: geométrico, logarítmico o log-normal (Magurran, 1988).

Se discriminó la dominancia (*I*) usando el índice de Simpson y la equidad utilizando el índice de diversidad de Shannon (Moreno, 2001). Las comparaciones de

estos dos índices se realizaron calculando los intervalos de confianza al 95% mediante el procedimiento de Bootstrap. También se compararon las abundancias relativas y los valores del índice de esfuerzo de captura. Se utilizó el índice de similitud de Jaccard para comparar la riqueza de especies entre sitios (Brower *et al.*, 1998).

Para la clasificación de los murciélagos se reconoce el tratamiento sistemático propuesto por Alberico *et al.* (2000). Para las especies del género *Artibeus* se sigue a Muñoz-Saba (2000). En este caso, una de las especies colectadas de este género se asemeja bastante a *Artibeus (Dermanura) glaucus bogotensis*, sin embargo, no coinciden algunas características dentarias, por lo que es tratada como *Artibeus* sp. Por otra parte, una de las especies de *Anoura* no coincide con las especies reconocidas para Colombia. Aunque se asemeja mucho a *Anoura luismanueli* por comparación con algunos paratipos (Macho: CVULA I-3215 y I-3216, Hembra: CVULA I-2165 y I-3223), presenta otras características que no permiten ubicarlo en esta especie, por lo que se tratará como *Anoura* sp. en este trabajo. Se reconoce *Sturnira oporaphilum* como distinta de *S. bogotensis* (Cadena, Com. Pers.) y aunque *S. oporaphilum* no es reconocida por Alberico *et al.* (2000) no se constituye aún en un nuevo registro para Colombia ya que es necesario revisar las colecciones para corregir las determinaciones de esta especie, las cuales deben figurar dentro de *S. bogotensis*.

RESULTADOS

Estructura y composición de la comunidad de murciélagos

Entre los diferentes meses se evidenciaron cambios en el éxito de captura. En los fragmentos el número total de capturas fue

menor que en las áreas continuas. El éxito de captura fue significativamente diferente entre sitios ($H = 7.997713$; $n = 44$; $p = 0.0461$). Una prueba de Mínima Diferencia Significativa (LSD, $p=0.04$) mostró que entre las dos áreas continuas (Grupo 2) y entre los dos fragmentos y una de las áreas continuas (Grupo 1) no existían diferencias significativas.

En las 277 capturas totales estuvieron representados individuos de las familias Vespertilionidae (*Myotis*) y Phyllostomidae. De esta última se registraron individuos de las subfamilias Glossophaginae (*Anoura*), Stenoderminae (*Artibeus* y *Plathyrrinus*) y Sturnirinae (*Sturnira*) (tabla 1). La familia mejor representada fue Phyllostomidae (11 especies) de la cual la subfamilia Sturnirinae presentó la mayor cantidad de especies (5 spp.), seguida por las subfamilias Stenoderminae, Glossophaginae y Carollinae con 4, 2 y 1 especies respectiva-

mente. La subfamilia Stenoderminae fue de la que más individuos se capturaron (146 individuos), mientras que la menos representada fue Carollinae (tabla 1).

La especie dominante fue *Artibeus* sp. (42,6% de las capturas totales), seguida por *Sturnira bogotensis* y *Anoura geoffroyi* (15,4 y 13,4% de las capturas totales respectivamente). *Carollia brevicauda*, *Sturnira ludovici*, *Artibeus hartii* y *Sturnira bidens* fueron las especies más raras con 5, 3, 2 y 1 individuos capturados respectivamente (tabla 1).

De las doce especies registradas para los cuatro bosques, cinco estuvieron presentes de manera exclusiva en las áreas continuas. Por el contrario, en los fragmentos no hubo especies exclusivas. La especie más abundante (*Artibeus* sp.) se encontró en mayor proporción en las áreas continuas (81%) que en los fragmentos (19%) (tabla 1).

TABLA 1. Número de individuos capturados de las diferentes especies registradas entre mayo (1998) y abril (1999) en el sector occidental de la Sabana de Bogotá. Se indica el área de muestreo en la que fue registrada la especie

Familia	Subfamilia	Especie	La	San	El	Total	
			Selva	Cayetano	Silencio Miralejos		
Phyllostomidae	Stenoderminae	<i>Artibeus</i> sp.	86	10	14	8	118
	Sturnirinae	<i>Sturnira bogotensis</i>	10	19	7	4	40
	Glossophaginae	<i>Anoura geoffroyi</i>	11	4	18	4	37
	Stenoderminae	<i>Plathyrrinus dorsalis</i>		5	3	18	26
Vespertilionidae		<i>Myotis oxyotus</i>		11	2	2	15
Phyllostomidae	Sturnirinae	<i>Sturnira oporaphilum</i>	5	7			12
	Glossophaginae	<i>Anoura</i> sp.		2		10	12
	Sturnirinae	<i>Sturnira</i> sp.	1	3	2		6
	Carollinae	<i>Carollia brevicauda</i>		5			5
	Sturnirinae	<i>Sturnira ludovici</i>	2	1			3
	Stenoderminae	<i>Artibeus hartii</i>	2				2
	Sturnirinae	<i>Sturnira bidens</i>	1				1
Total		12	118	67	46	46	277

Al elaborar las curvas de acumulación de especies se encontró que en los fragmentos la cantidad de especies llega rápidamente a una asíntota de aproximadamente 6 especies. Por el contrario en las áreas continuas la asíntota es mayor (≈ 11 especies) y apenas se alcanza en los últimos meses de muestreo. La desviación estándar de la función de acumulación de especies en los fragmentos se acercó a cero a partir del sexto muestreo. Desde el quinto muestreo la cantidad de especies de las áreas continuas se hizo significativamente mayor (figura 2).

Al contrastar la riqueza y abundancia entre los fragmentos y las áreas continuas mediante las curvas de rango abundancia se encontró que en las últimas *Artibeus* sp. fue la especie más abundante, con casi tres veces más capturas que la segunda especie (*Sturnira bogotensis*). Siguieron de manera decreciente *Anoura geoffroyi*, *Sturnira oporaphilum* y *Myotis oxyotus*. Por último, aparecieron una serie de especies de frugívoros poco abundantes: *Carollia brevicauda*, *Plathyrrinus dorsalis*,

Sturnira sp., *Sturnira ludovici*, *Artibeus hartii*, *Artibeus lituratus* y *Sturnira bidens* (figura 3a). En los fragmentos *Artibeus* sp., *Anoura geoffroyi* y *Plathyrrinus dorsalis* fueron las especies más abundantes, seguidas por *Sturnira bogotensis* y *Anoura* sp. Por último *Myotis oxyotus* y *Sturnira* sp. fueron las especies menos abundantes (figura 3b).

Se colectaron más especies de frugívoros (9 spp.) en las áreas continuas que en los fragmentos (4 spp.). En las áreas continuas y los fragmentos se colectaron las mismas especies tanto de insectívoros (1 sp.) como de nectarívoros (2 spp.). Las dos especies de nectarívoros (Glossophaginae: *Anoura geoffroyi* y *Anoura* sp.) se encontraron en mayor proporción en los fragmentos (59.5 y 83.3% respectivamente). El análisis de rarefacción para los murciélagos frugívoros mostró que para dos muestras del mismo tamaño ($n = 60$), para los fragmentos el número esperado de especies ($ES_{(n)} = 4$) fue menor que para las áreas continuas ($ES_{(n)} = 7,45$) (figura 4).

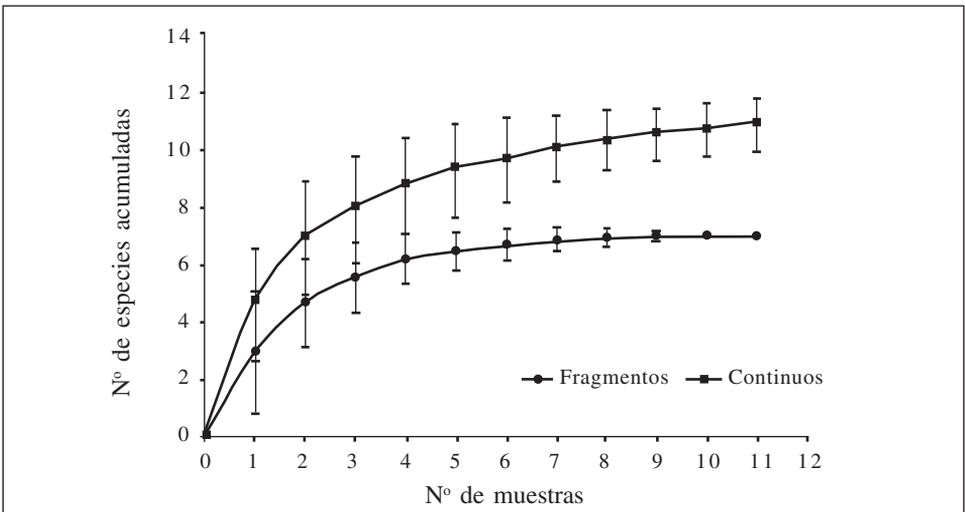


Figura 2. Curva de acumulación de especies de las áreas fragmentadas y continuas en el sector occidental de la Sabana de Bogotá, mayo 1998-abril 1999. En el eje Y se representa el promedio del número de especies y la desviación estándar.

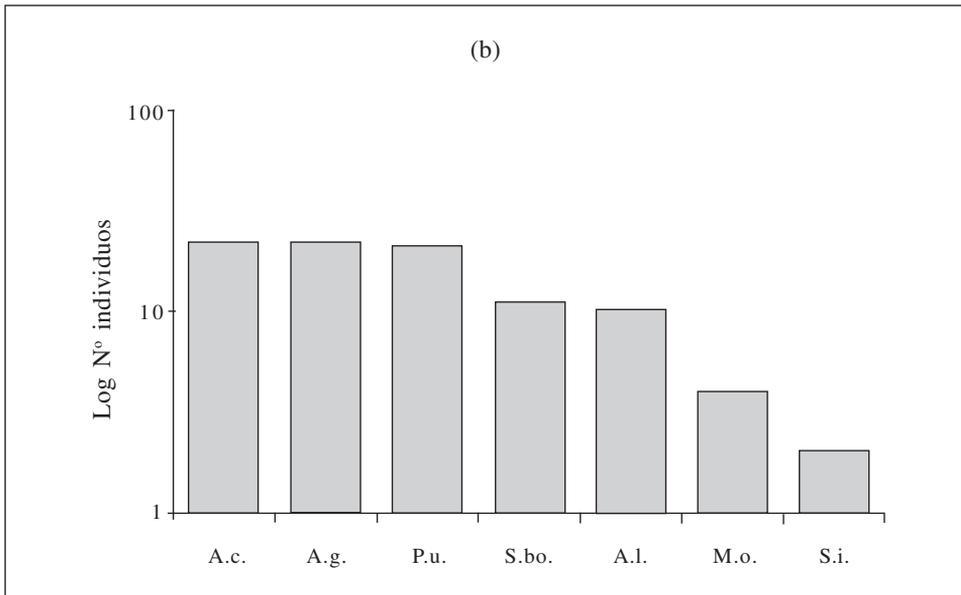
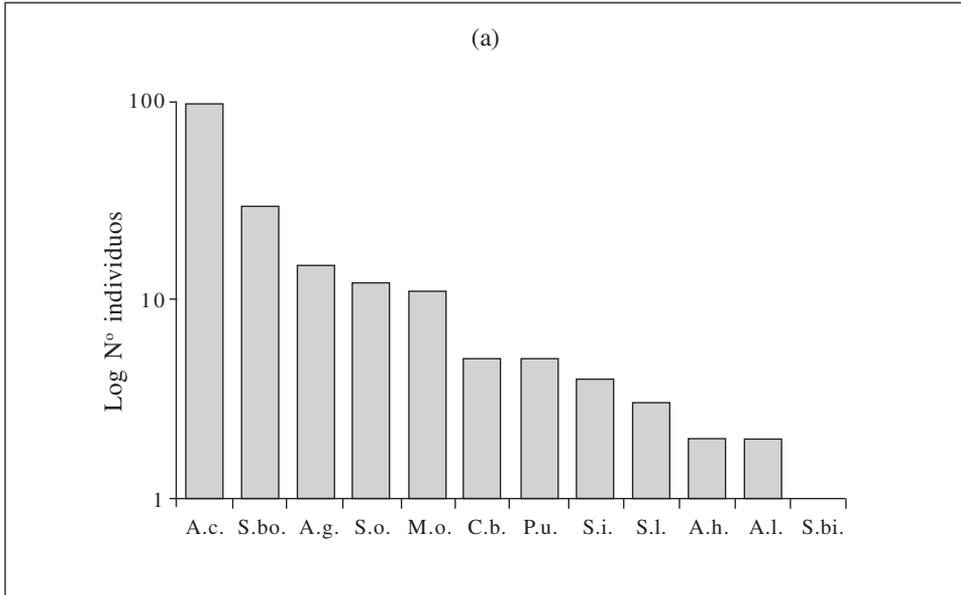


Figura 3. Comparación de la distribución de las abundancias de las especies presentes en las comunidades de las áreas continuas (a) y fragmentadas (b). (A.c.= *Artibeus* sp., S.bo.= *Sturnira bogotensis*, A.g.= *Anoura geoffroyi*, S.o.= *Sturnira oporaphilum*, M.o. = *Myotis oxyotus*, C.b.= *Carollia brevicauda*, P.u.= *Plathyrrinus dorsalis*, S.i.= *Sturnira* sp., S.l.= *Sturnira ludovici*, A.h.= *Artibeus hartii*, A.l.= *Anoura* sp., S.bi.= *Sturnira bidens*).

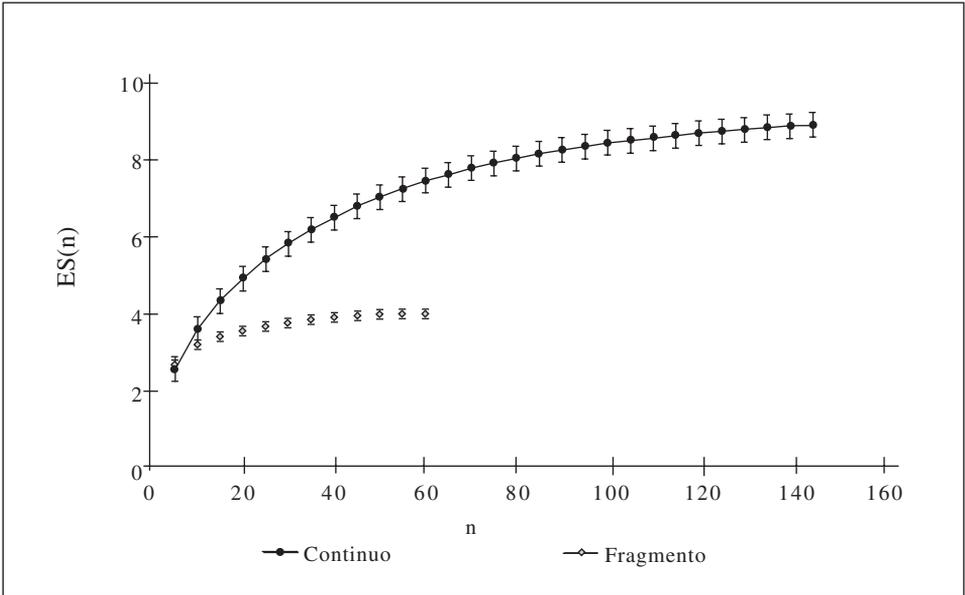


Figura 4. Curva de rarefacción para la comparación del número esperado de murciélagos frugívoros (ES(n)) respecto al número de individuos capturados (n) para las áreas continuas y fragmentadas. Las barras verticales representan el error estándar.

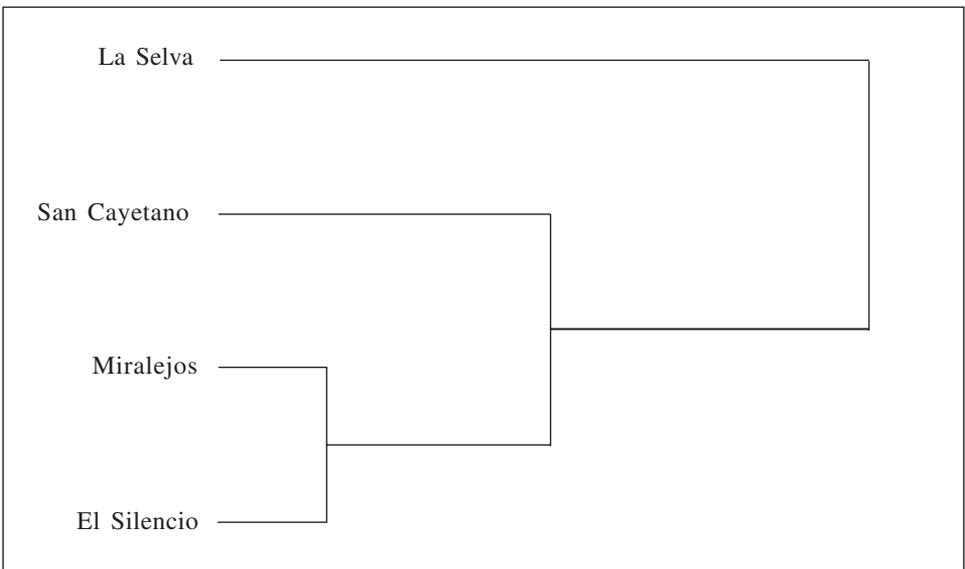


Figura 5. Comparación del grado de similitud de especies entre las áreas fragmentadas (Miralejos y El Silencio) y las áreas continuas (La Selva y San Cayetano). Se utilizó distancia euclidiana y ligamiento completo.

Se encontró que el modelo logarítmico predecía muy bien los datos esperados de riqueza en las áreas continuas ($\chi^2 = 3.405 < 12.59$, g.l.= 6, $p < 0.76$) mientras que el modelo log-normal se ajustó muy bien a los valores en los fragmentos ($\chi^2 = 2.07 < 9.49$, g.l.= 4, $p < 0.722$). La similaridad entre los fragmentos y las áreas continuas fue cercana al 60% ($IS_j = 0.58$). Los dos fragmentos fueron más similares entre sí ($IS_j = 0.71$) que las dos áreas continuas ($IS_j = 0.50$) (figura 5). La complementariedad entre las áreas fue de 41.66%.

DISCUSIÓN

El muestreo se hizo tanto en los estratos inferiores (0-3 m) como superiores (3-20 m) de los bosques estudiados y las mallas estuvieron abiertas durante toda la noche. Por otra parte, la curva del número acumulado de las especies capturadas alcanzó la asíntota a partir del mes 5 y 11 en los fragmentos y en las áreas continuas, respectivamente. Debido a lo anterior, se asume que las muestras obtenidas proporcionan una representación plausible de la comunidad activa al interior del bosque.

Las 12 especies encontradas en este trabajo equivalen aproximadamente al 52% de las especies totales reportadas para la cordillera Oriental en elevaciones superiores a los 2.500 m.s.n.m (Alberico *et al.*, 2000). Hasta el momento, este es el número de especies más alto registrado para esta altitud si se compara con estudios realizados en otras zonas con elevación similar. Tamsitt & Valdivieso (1963) al reunir todos los registros disponibles hasta ese momento reportaron 10 especies para toda la región de la Sabana de Bogotá. Muñoz (1990) registró ocho especies para el sitio Santa Helena en la cordillera Central a una altura de 2.650 m.s.n.m. Muñoz (1993) encontró en la región del norte de Antioquia seis especies en un rango de altura entre los 2.600 y 2.900 m.s.n.m. Alfonso & Cadena (1994) regis-

traron 8 especies para el sitio La Pastora (2.450 m.s.n.m., Parque Regional Natural Ucumarí, Risaralda).

En los dos fragmentos la abundancia relativa de los murciélagos fue significativamente menor que en las dos áreas continuas y no se capturaron *Carollia brevicauda*, *Artibeus hartii*, *Sturnira bidens*, *Sturnira ludovici* y *Sturnira oporaphilum*. Asimismo en los dos fragmentos se detectaron cambios significativos en la abundancia relativa de las especies. En algunos casos hubo disminución de las especies dominantes (p.e. *Artibeus* sp., *Sturnira bogotensis*) y en otros casos aumento (p.e. *Plathyrrinus dorsalis*). De esta manera la estructura y composición de los murciélagos cambió en los fragmentos en dos vías: disminución de la riqueza total de especies y cambios en la dominancia al interior del grupo. Las curvas del número acumulado de especies alcanzaron rápidamente la asíntota en las áreas fragmentadas.

En las áreas continuas y en los fragmentos el gremio de los frugívoros fue el predominante, tanto en número de especies como de individuos. Esto coincide con lo encontrado en otros estudios (Arata & Vaughn, 1970; Alberico & Orejuela, 1982; Muñoz, 1990; Muñoz, 1993; Sánchez-Palomino *et al.*, 1993; Alfonso & Cadena, 1994; Rivas-Pava, 1996; Muñoz-Saba *et al.*; 1997). Desde el punto de vista del número de especies, los frugívoros son los más importantes y cualquier cambio en el número de especies o en la abundancia de cada una de ellas incidirá de manera directa en la estructura y composición de la comunidad completa.

Únicamente los frugívoros presentaron reducción en el número especies y un menor número de capturas en los fragmentos. Cinco de las nueve especies de frugívoros desaparecieron (*Carollia brevicauda*, *Artibeus hartii*, *Sturnira bidens*, *Sturnira ludovici* y *Sturnira oporaphilum*) y las que quedaron presentaron reducciones importantes en

sus números poblacionales (Pérez-Torres, 2001). De acuerdo con Fleming (1982) aproximadamente el 30% de las especies de murciélagos conocidos son parcial o totalmente dependientes de las plantas como fuente de alimento. De ellas consumen el néctar, el polen o los frutos, mientras facilitan la movilización del polen o las semillas (Findley, 1995). En este sentido es muy probable que los cambios en la riqueza de especies de murciélagos y en su abundancia poblacional estén determinados fuertemente por los cambios en la oferta alimenticia. Los fragmentos estudiados tienen más de 50 años de estar en su condición actual (Mendoza, 1999), por lo que es muy probable que los datos registrados en este trabajo reflejen los efectos de la fragmentación a largo plazo.

En el caso de los murciélagos insectívoros la situación es diferente. La cantidad de individuos de la única especie colectada (*Myotis oxyotus*) fue significativamente mayor en las áreas continuas. Sin embargo, como se mostró en los resultados, el nivel de significancia fue muy cercano al valor crítico, por lo que es difícil llegar a una conclusión definitiva. En este sentido, se debe intensificar el esfuerzo de muestreo para tratar de aumentar el éxito de captura de este grupo de especies. Dado que muchos de los murciélagos insectívoros forrajean en áreas abiertas (Linares, 1987) y que se adaptan fácilmente a ambientes perturbados (Altringham, 1996), es posible sugerir que la matriz que rodea los dos fragmentos estudiados no es un elemento que reduzca la frecuencia de visitas a éstos. Si a lo anterior se agrega que la amplitud de su dieta es alta (Fenton, 1982), es posible que esto explique las bajas diferencias encontradas.

Los murciélagos nectarívoros aunque no presentaron cambios en la riqueza de especies, fueron significativamente más abundantes en los fragmentos que en las áreas continuas. Esto podría deberse a que en los

fragmentos estudiados se presenta una mayor cantidad de flores que en las áreas continuas (Correa, 1999), lo que se traduce en una mayor oferta alimenticia para los murciélagos nectarívoros.

Finalmente, las curvas de acumulación de especies, como una función del esfuerzo de captura, alcanzaron la asíntota en las áreas fragmentadas, al mismo tiempo que reflejaron una disminución en la varianza del número de especies registradas. Por el contrario, en las áreas continuas se reflejó una mayor heterogeneidad en la composición de la comunidad, lo que indica que es posible que falten especies por capturar. Sin embargo, al tener en cuenta las curvas de acumulación de especies y los análisis de rarefacción es posible asegurar que las diferencias detectadas al hacer las comparaciones reflejan lo que está ocurriendo con los murciélagos en ambientes fragmentados en el occidente la Sabana de Bogotá.

CONCLUSIONES

Se presenta una reducción significativa en la riqueza de especies de murciélagos en los dos fragmentos de bosque alto-andino estudiadas en el sector occidental de la Sabana de Bogotá. Aproximadamente un cuarto de las especies desaparece en éstas.

A pesar de encontrar una reducción importante en la riqueza de especies no se encontraron diferencias significativas al comparar la diversidad entre áreas continuas y fragmentos (índices de Shannon y de Simpson). Esto se debió a que en los fragmentos disminuyó simultáneamente la riqueza y la dominancia de las especies más abundantes.

En los fragmentos la abundancia relativa (representada en el número de capturas) disminuyó respecto a las áreas continuas.

Por medio de las curvas de acumulación de especies, solamente a partir del quinto mes

de muestreo se empezaron a detectar diferencias en la cantidad de especies al comparar los fragmentos y las áreas continuas.

En comparación con otros estudios, el número de especies registrado en este trabajo en el sector occidental de la Sabana de Bogotá, es el mayor registrado hasta el momento en Colombia para alturas superiores a los 2.500 m.s.n.m.

AGRADECIMIENTOS

La Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología financió parte de esta investigación (Proyecto No. 915). Julio Mario Hoyos, Amanda Varela (U. Javeriana) revisaron críticamente el manuscrito. Michael Alberico (Universidad del Valle), Pascual Soriano (Universidad de los Andes, Venezuela) y Alberto Cadena (Instituto de Ciencias Naturales, UN) colaboraron en la identificación de los ejemplares. Tomás Bolaños y otros miembros del Laboratorio de Ecología de Poblaciones ayudaron en las labores de campo y laboratorio. La Pontificia Universidad Javeriana aportó el transporte. Los dueños de las fincas Miralejos, La Selva, San Cayetano, El Porvenir, El Silencio permitieron el acceso a sus propiedades.

LITERATURA CITADA

- AHUMADA, J.A. 2000. *Biología reproductiva de aves en bosques andinos: Una aproximación ecológica, fisiológica y comportamental hacia la caracterización y entendimiento de los ciclos reproductivos en aves tropicales*. Informe final. Programa Nacional de Medio Ambiente y Hábitat. COLCIENCIAS. Bogotá, D.C. Colombia, 60 págs.
- ALBERICO, M.; CADENA, A.; HERNÁNDEZ-CAMACHO, J. & MUÑOZ-SABA, Y. 2000. Mamíferos (Synapsida: Theria) de Colombia. *Biota Colombiana* 1(1): 43-75.
- ALBERICO, M. & OREJUELA, J. 1982. Diversidad específica de dos comunidades de murciélagos en Nariño, Colombia. *Cespedesia*, 3(41-42): 31-40.
- ALBUJA, L. 1999. *Murciélagos del Ecuador*. 1a. edición. Editorial Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador, 288 págs.
- ALFONSO, A. & CADENA, A. 1994. Composición y estructura trófica de la comunidad de murciélagos del Parque Regional Natural Ucumari. p. 361-373. In Rangel-Ch, O. (ed.). *Ucumari un caso típico de la diversidad biótica andina*. 1a. edición. CARDER - Universidad Nacional. Pereira.
- ALTRINGHAM, J.D. 1996. *Bats: Biology and behaviour*. First edition. Oxford University Press. Guildford, Great Britain, 262 págs.
- ANDERSON, S. 1997. *Mammals of Bolivia, Taxonomy and distribution*. Bulletin of the American Museum of Natural History, 231: 1-652.
- ANTHONY, E. 1996. Age determination in bats. In: KUNZ, T. (ed.). *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. First edition. Smithsonian Institution Press. Washington, USA. 47-58.
- ARATA, A. & VAUGHN, J. 1970. Analyses of the relative abundance and reproductive activity of bats in southwestern Colombia. *Caldasia*, 10(50): 517-528.
- BROWER, J.; ZAR, J. & VON ENDE, C. 1998. *Field and Laboratory methods for General ecology*. Fourth edition. WCB/McGraw-Hill. USA, 172-193.
- COLWELL, R.K. 2000. *Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples*. Version 6.0b1 User guide and application. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates> [con

- acceso el 08/10/2000]. University of Connecticut, Storrs, C.F.
- CORREA, A. *Tendencias de floración y fructificación de plantas en bosques altoandinos continuos y fragmentados del borde occidental de la Sabana de Bogotá*. Trabajo de Pregrado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C., Colombia, 91 págs.
- FENTON, M.B. 1982. Echolocation, insect hearing and feeding ecology of insectivorous bats. In *Ecology of Bats* (Kunz, T., ed.). First edition. Plenum Publishing Corp, New York, 261-285.
- FERNÁNDEZ, A.; GUERRERO, R.; LORD, R.; OCHOA, J. & ULLOA, G. 1988. *Mamíferos de Venezuela: Lista y claves para su identificación*. 1a. edición. ASOVEM. Caracas, Venezuela, 185 págs.
- FINDLEY, J. 1995. *Bats: A community perspective*. First edition. Cambridge University Press. New York, USA, 167 págs.
- FLEMMING, T.H. 1982. Foraging strategies of plant-visiting bats. In *Ecology of Bats* (Kunz, T., ed.). 1st. edition. Plenum Publishing Corporation. New York, USA, 287-325.
- HASKELL, D. 1995. A reevaluation of the effects of forest fragmentation on rates of bird-nest predation. *Conservation Biology*, 9(5): 1316-1318.
- HUNTER, M. 1996. *Fundamentals of Conservation Biology*. 1st edition. Blackwell Science. USA, 482 págs.
- KUNZ, T. (ed.) 1988. *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. First edition. Smithsonian Institution Press. Washington, USA, 531 págs.
- LINARES, O. 1987. *Murciélagos de Venezuela*. 1a. edición. Departamento de Relaciones Públicas de Lagooven, S.A. Caracas, Venezuela, 120 págs.
- LINARES, O. 1998. *Mamíferos de Venezuela*. 1a. edición. Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela. Caracas, Venezuela, 349-591.
- LONGINO, J.T. & COLWELL, R. 1997. Biodiversity assessment using structured inventory: capturing the ant fauna of a tropical rain forest. *Ecological Applications* 7: 1263-1277.
- MAGURRAN, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. First edition. Princeton University Press, New York, USA, 179 págs.
- McNAB, B. 1971. The structure of tropical bat faunas. *Ecology*, 52: 353-358.
- MEFFE, G. & CARROLL, C.R. 1997. *Principles of Conservation Biology*. 2nd. Edition. Sinauer Associates, Inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts, USA, 729 págs.
- MENDOZA, J. 1999. *Análisis multitemporal (1940-1996) del cambio de la cobertura vegetal en dos áreas del borde suroccidental de la Sabana de Bogotá, Cundinamarca, Colombia*. Trabajo de grado Biología. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, D.C., Colombia.
- MORENO, C. 2001. *Manual de métodos para medir la biodiversidad*. 1a. edición. Universidad Veracruzana, Textos Universitarios. Xalapa, Veracruz, México, 49 págs.
- MORENO, C. & HALFFTER, G. 2000. *Assessing the completeness of bats biodiversity inventories using species accumulation curves*. *J. of Applied Ecology* 37: 149-158.
- MUÑOZ, J. 1990. Diversidad y hábitos alimenticios de murciélagos en transectos altitudinales a través de la cordillera Central de los Andes en Colombia.

- Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 25(1): 1-17.
- MUÑOZ, J. 1993. Murciélagos del norte de Antioquia (Colombia). *Studies on neotropical fauna and environment*, 28(2): 83-93
- MUÑOZ-SABA, Y. 2000. *Los murciélagos del género Artibeus Leach, 1821 (Chiroptera: Phyllostomidae: Stenodermatinae) de Colombia*. Tesis. Maestría en Sistemática: Área Zoolo- gía. Instituto de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.C., 86 págs.
- MUÑOZ-SABA, Y.; CADENA, A. & RANGEL-CH., J.O. 1997. Ecología de murciélagos antófilos del sector La Curía, serranía La Macarena, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 21(81): 473-486.
- NOWAK, R. 1994. *Walker's Bats of the world*. First edition. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, USA. 287 págs.
- PÉREZ-TORRES, J. 2001. *Efecto de la fragmen- tación del hábitat sobre la estructura y composición de la comunidad de murciélagos en bosques alto-andinos*. Tesis de maestría. Pontificia Universi- dad Javeriana. Bogotá, D.C., Colom- bia, 108 págs.
- RIVAS-PAVA, P.; SÁNCHEZ-PALOMINO, P. & CADE- NA, A. 1996. Estructura trófica de la co- munidad de quirópteros en bosques de galería de la serranía de La Macarena (Meta-Colombia). *Contributions in Mammalogy: A memorial volume Honoring Dr. J. Knox Jones, Jr.* Texas Press Tech, 237-248.
- SÁNCHEZ-PALOMINO, P.; RIVAS-PAVA, P. & CADE- NA, A. 1993. Composición, abundancia y riqueza de especies de la comunidad de murciélagos en bosques de galería en la serranía de La Macarena (Meta - Colombia). *Caldasia*, 17(2): 301-312.
- TAMSITT, J.R. & VALDIVIESO, D. 1963. Records and observations on Colombian bats. *Journal of Mammalogy*, 44: 168-180.
- TAMSITT, J.R.; VALDIVIESO, D. & HERNÁNDEZ- CAMACHO, J. 1964. Bats of the Bogotá Savanna, Colombia, with notes on altitudinal distribution of neotropical bats. *Revista de Biología Tropical* 12(1): 107-115.
- VALDIVIESO, D. 1964. La fauna quiróptera del departamento de Cundinamarca, Co- lombia. *Rev. de Biología Tropical*, 12(1): 19-45.
- VILLARD, M.A.; MERRIAM, G. & MAURER, B. 1995. Dynamics in subdivided populations of neotropical migratory birds in a fragmented temperate forest. *Ecology*, 76(1): 27-40.
- WHITTAKER, J. 1996. Food habits analysis of insectivorous bats. In KUNZ, T. (ed.). *Ecological and behavioral methods for the study of bats*. First edition. Smithsonian Institution Press. Was- hington, USA, 171-190.
- ZAR, J.H. *Bioestatistical analysis*. 3rd edition. Prentice Hall, Inc. Mew Yersey, USA, 988 págs.

Recibido: 13-06-04
Aceptado: 18-08-04