

# Fragmentos de bosque y conservación de aves: un estudio de caso en los Andes de Colombia

Eduardo Gallo-Cajiao<sup>1</sup> & Carlos Julian Idrobo-Medina<sup>1</sup>

## Resumen

La fragmentación de bosques constituye una de las principales amenazas para la avifauna en el neotrópico. La invasión de los fragmentos por parte de especies de la matriz, al modificar potencialmente la estructura de la comunidad, se ha identificado como un mecanismo de extinción. Por lo tanto, conocer la proporción de las especies que habitan un fragmento con asociación primaria de hábitat a diferentes elementos del paisaje es importante para conocer el estado de conservación de la avifauna propia de bosque. En 2002-2003 realizamos el inventario de la avifauna asociada a sotobosque en tres fragmentos de bosque en el valle de Pubenza, cordillera Central de Colombia. Encontramos que de las 46 especies registradas 27 son propias de interior de bosque, doce son de borde y siete son de áreas abiertas. A pesar que la baja representación de Formicariidae permite inferir alteraciones de los bosques tanto a escala del paisaje, como a escala de fragmentos, es notable la presencia de algunas especies propias de bosques bien conservados. En cuanto a gremios tróficos hallamos que para las aves de interior de bosque el gremio mejor representado es el de los insectívoros, mientras que para las aves de borde fue el de los nectarívoros; las aves de áreas abiertas tuvieron casi la misma representación de frugívoros-insectívoros, nectarívoros y granívoros. En cuanto a abundancia, las aves de interior de bosque estuvieron representadas de manera similar por especies moderadamente comunes, no comunes y raras; hubo una especie común. Entre tanto las aves de borde y áreas abiertas estuvieron representadas en su mayoría por especies raras. Así, las aves de bosque de sotobosque en nuestra localidad, y según la evidencia hallada, probablemente no están sujetas al mecanismo de extinción evaluado. Entender el valor conservador de fragmentos de bosque para la avifauna propia de este ecosistema se hace de suma importancia para el diseño de planes de manejo.

## Introducción

La fragmentación de hábitat es una de las principales amenazas para la avifauna en el neotrópico (*e.g.*, Leck 1979; Renjifo 1999; Stratford & Stouffer 1999). Los fragmentos se crean al ocurrir una desconexión estructural de porciones de bosque continuo, las cuales quedan rodeadas por una matriz de vegetación no boscosa que puede cambiar (Stouffer & Bierregaard 1995a.; With 1999; Renjifo 2001; Watson 2002). Con el tiempo los fragmentos dejan de ser subunidades idénticas del bosque original debido entre otras cosas a interferencia humana y a interacciones con la matriz (Johns 1988; Redford 1992; Schelhas & Greenberg 1993; Murcia 1995; Turner 1996; Marsden 1998).

La biota de los fragmentos es similar a la existente previa a la fragmentación, esta compuesta principalmente por especies relictuales teniendo en cuenta extinciones (*e. g.*, Brooks *et al.* 1999), y pocas especies matriciales (*e. g.*, Renjifo 2001). Así mismo, organismos provenientes de otros parches pueden colonizarlos dependiendo de su capacidad de movilidad en función al tipo de matriz (Stouffer & Bierregaard 1995<sup>a</sup>; Gascon *et al.* 1999; Renjifo 2001; Watson 2002).

La invasión de los fragmentos por parte de especies (*i. e.*, fauna, flora) de la matriz de vegetación no

boscosa (*i.e.*, introducción, colonización y crecimiento poblacional positivo; ver With 2002), se ha identificado como un mecanismo de extinción, dado que esto puede alterar la estructura de la comunidad del fragmento provocando posibles efectos de orden superior en el ensamble de aves (Turner 1996), como parasitismo de cría y depredación de nidos (ver revisión en Paton 1994).

Estudiamos la composición de la avifauna asociada a sotobosque en tres fragmentos de bosque en los Andes centrales de Colombia con los objetivos de conocer para estos su valor conservador para la avifauna de bosque y la invasión por parte de especies de aves de la matriz que permitieran inferir efectos de orden superior. Analizamos la composición de la avifauna de acuerdo a: asociación primaria de hábitat, estructura trófica y abundancia.

## Área de Estudio

Los tres fragmentos de bosque estudiados se originaron a partir de una extensión más grande de este ecosistema cuya fragmentación se inició a principios del siglo XX (Sergio Suárez com. pers.). El área de estudio está en el piedemonte de la cordillera Central de Colombia, en el valle de Pubenza (2°30'10''N, 76°31'56''W; altitud 1839-2050 m; figura 1). La precipitación anual promedio es de 2142 mm y la temperatura media anual es 18°C (n = 13, 1982-1995, estación climatológica del aeropuerto Guillermo León

<sup>1</sup> Programa de Investigaciones *Chlorostilbon*. Grupo de Evaluaciones Biológicas de los Andes Participativas Fundación ProAves/Parques Nacionales Naturales de Colombia, Territorial Surandina. Calle 5A # 1-97 B/Loma de Cartagena. Popayán, Colombia. Correo-E: [eduardogalloc@yahoo.com](mailto:eduardogalloc@yahoo.com) ; Correo-E: [fenobarbital@hotmail.com](mailto:fenobarbital@hotmail.com)

Valencia de Popayán). La zona de vida en el sistema de L. R. Holdridge es bosque húmedo/bosque muy húmedo pre-Montano (bh/bmh-PM, Espinal & Montenegro 1963).

Los fragmentos de bosque están en las laderas abruptas de cursos de agua. La matriz del paisaje es potrero, siendo otros elementos cultivos (e. g. café, maíz) y un barrio suburbano (observación personal).

Los fragmentos están en sucesión secundaria y contienen árboles de la flora original. Algunos árboles pueden llegar a 25 m de altura. Hay zonas donde la presencia de roble (*Quercus humboldtii*), es prácticamente homogénea (Behling et al. 1998; Wille et al. 2001). Otros árboles comunes son las lauráceas, como: *Nectandra acutifolia*, *N. lineata*, *N. umbrosa* y *Cinnamomum triplinerve* (ver Alcázar 2003).

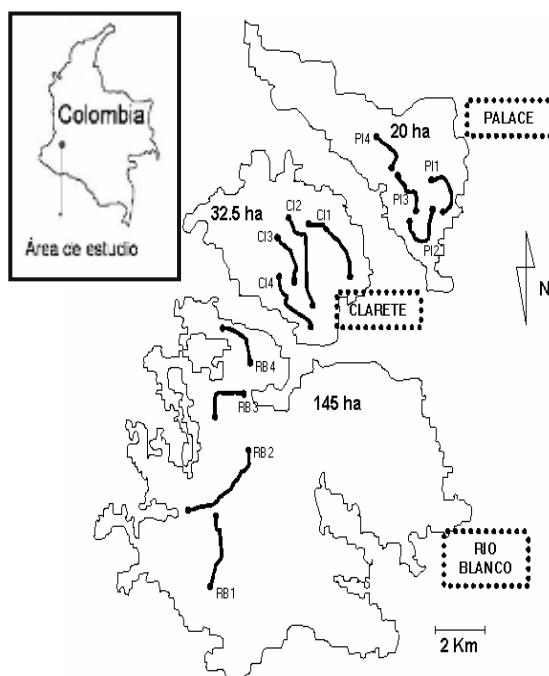


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio en Colombia (en recuadro) y de la localización de las estaciones de muestreo en los fragmentos de bosque.

## Métodos

### Inventario:

Entre septiembre de 2002 y mayo de 2003 estudiamos la composición de la avifauna de sotobosque en tres fragmentos. Establecimos la composición actual de la avifauna como el total de especies de los tres fragmentos. Identificamos las especies con la guía de Hilty & Brown (1986). El muestreo que empleamos fue a juicio en donde determinamos, con nuestro criterio, los lugares que consideramos representativos del área de estudio (Morrison et al. 2001).

Determinamos cuatro estaciones de muestreo en cada fragmento buscando la mayor heterogeneidad posible [*i. e.*, bordes (distancia mínima a la matriz  $\geq$  5 m), claros, interior, cañadas, laderas y filos]. En todos los meses excepto noviembre 2002 tomamos datos. Visitamos cada estación una vez durante dos días consecutivos con condiciones climáticas variables (llovizna, días soleados, neblina), alternando los muestreos entre fragmentos. En cada estación abrimos 19

redes de niebla estándar [ATX 70/2, 36mm diámetro de abertura, 12 m de largo, 2,6 m de alto, nylon, 4 bolsas (ver Ralph et al. 1993)], y una de 9 m entre 05:30-17:30, para un total de 5805,65 horas-red; cerramos las redes durante lluvias fuertes.

### Criterios y asignación de variables a cada especie:

Restringimos el análisis a las especies residentes asociadas a sotobosque, excluimos a las migratorias neárticas y a las que tienen mayor asociación a estratos diferentes al sotobosque. Hicimos esto con base en Hilty & Brown (1986), Renjifo & Andrade (1987), Restrepo & Gomez (1998) y experiencia personal.

Asignamos cada especie a una categoría de asociación primaria de hábitat de acuerdo con Hilty & Brown (1986), Restrepo & Gómez (1998), y Renjifo (1999, 2001), interior de bosque, borde de bosque y áreas abiertas. Debido a que las aves de interior de bosque tienen mayor dependencia por este ecosistema que las de borde de bosque, decidimos analizar estos dos grupos separadamente (ver Marini 2001).

Determinamos la abundancia siguiendo a Hilty & Brown (1986), donde el criterio utilizado esta en función de la frecuencia de registros en el total de visitas, así: común: 100%; medianamente común: 50%-99% no común: 25%-49%, rara: <25% sin determinar (sd): categoría a la que se asignó una especie a la que no fue posible calcular esta variable.

La taxonomía que utilizamos es la adoptada por Hilty & Brown (1986), para las especies y familias.

Determinamos los gremios tróficos siguiendo a Renjifo (1999) y observaciones personales, así: frugívoro, insectívoro, frugívoro-insectívoro, nectarívoro y granívoro. Las dietas de cada una de las especies

fueron tomadas de Hilty & Brown (1986), Renjifo (1999) y de la base de datos del Museum of Vertebrate Zoology, University of California (EEUU).

## Resultados

En este trabajo analizamos la avifauna a escala regional y no de fragmentos individuales. En los tres fragmentos registramos 46 especies de aves asociadas al sotobosque principalmente de bosque, más de interior que de borde (figura 2). No tuvimos en cuenta las aves dispersoras provenientes de otros parches (pero ver Hidrovo & Gallo 2004).

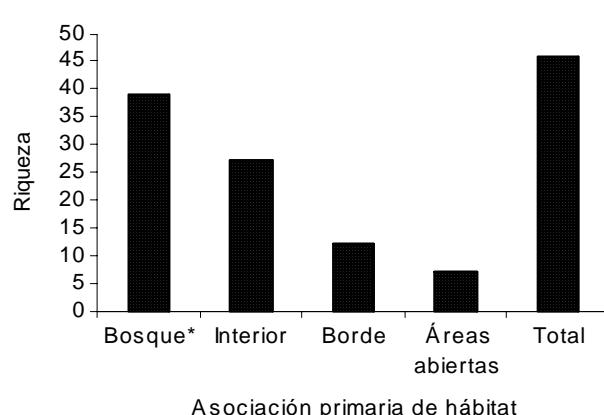


Figura 2. Riqueza de acuerdo a asociación primaria de hábitat (\* las aves de bosque son la sumatoria de aquellas de interior y borde).

Respecto a estructura trófica las aves de interior de bosque estuvieron principalmente representadas por insectívoros, las de borde de bosque por nectarívoros y

las de áreas abiertas por todos los gremios equitativamente, excepto frugívoros (figura 3).

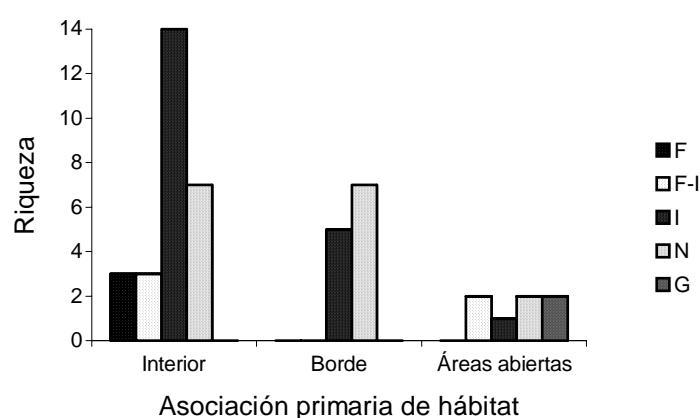


Figura 3. Estructura trófica de acuerdo a asociación primaria de hábitat (F: frugívoro; F-I: frugívoro-insectívoro; I: insectívoro; N: nectarívoro; G: granívoro).

Las aves de interior de bosque fueron representadas similarmente por especies raras, moderadamente comunes y no comunes. Las aves de

borde de bosque y áreas abiertas fueron en su mayoría raras (figura 4). Cuatro especies que incluimos en este trabajo no las registramos con los métodos propuestos, ya

que las observamos o capturamos fuera del muestreo; tres de ellas (*Coeligena torquata*, *Dendrococcyx tyrannina* y *Schizoeaca fuliginosa*), las registramos una vez, por lo que pese a lo anterior las catalogamos como raras. *Grallaria*

*ruficapilla* la registramos únicamente por vocalizaciones en múltiples ocasiones fuera y dentro del muestreo, por lo que decidimos no calcular su abundancia.

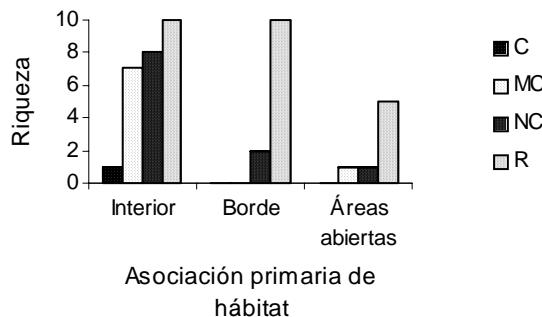


Figura 4. Riqueza de especies por cada categoría de abundancia de acuerdo a asociación primaria de hábitat (C: común; MC: moderadamente común; NC: no común; R: rara).

De las aves de interior de bosque los insectívoros fueron principalmente raros y no comunes. Los frugívoro-insectívoros fueron en su mayoría moderadamente comunes. Los nectarívoros estuvieron representados similarmente en todas las categorías de abundancia, a excepción de las comunes. Los frugívoros fueron equitativamente comunes, moderadamente comunes y raros (tabla 1). Las aves de borde fueron

predominantemente raras en los tres gremios en los que estuvieron representadas (frugívoro-insectívoro, insectívoro y nectarívoro; tabla 1). El único gremio de los registrados para las aves de áreas abiertas que no figuró con especies raras fue el de los nectarívoros, que tuvo una especie moderadamente común y otra no común (tabla 1).

Gremio	Abundancia/Interior				Abundancia/Borde				Abundancia/Áreas abiertas			
	C	MC	NC	R	C	MC	NC	R	C	MC	NC	R
Frugívoro	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
F-I	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Insectívoro	0	1	5	7	0	0	1	4	0	0	0	1
Nectarívoro	0	3	2	2	0	0	1	6	0	1	1	0
Granívoro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2

Tabla 1. Riqueza de cada categoría de abundancia de cada gremio de acuerdo a asociación primaria de hábitat (C: común; MC: moderadamente común; NC: no común; R: rara; F-I: frugívoro-insectívoro).

## Discusión

En nuestros fragmentos la avifauna de bosque es parte de la biota relictual en mayor o menor grado de dependencia por el bosque, interior y borde de bosque; mientras que la avifauna de áreas abiertas es parte de la biota matricial (D. Watson, com. pers., Marini 2001).

Los fragmentos estudiados albergan aves asociadas a sotobosque principalmente de bosque, básicamente de interior. Aquellas de áreas abiertas están representadas en una menor proporción, lo que concuerda con la definición de fragmentos jóvenes (<200 años), con matriz de bajo contraste dada por Watson (2002).

De la familia Formicariidae registramos dos especies, *Dysithamnus mentalis* y *Grallaria ruficapilla*.

En contraste con otra localidad de la cordillera Central de Colombia (ver Renjifo 1999), esta familia tiene una baja representación en el área de estudio. Esto quizás sea debido a que las especies de bosque de esta familia pueden verse afectadas con la fragmentación y alteración de los bosques (Stiles & Bohórquez 1998; Renjifo 1999; R. Monasalvas datos no publ.).

No obstante lo anterior, en los fragmentos estudiados habitan especies propias de bosques bien conservados, es el caso de especies de la familia Dendrocolaptidae (Stiles & Bohórquez 1998), de *Platyrinchus mystaceus*, un tiránido que aunque raro, presumiblemente se había extinguido en el alto valle del río Cauca debido a la deforestación (Hilty & Brown 1986); y de *Platycichla leucops* (Hilty & Brown 1986, L. M. Renjifo com. pers.).

Los insectívoros fueron el gremio trófico de interior de bosque mejor representado, lo que concuerda con lo hallado por Stouffer & Bierregaard (1995b), en la amazonía y por Stiles & Rosseli (1998), en un fragmento de bosque altoandino. Este gremio trófico tendió a tener mayor número de especies raras que otros gremios de interior de bosque, en la Amazonía se ha encontrado que esto ocurre como un proceso de declinación que sigue a la fragmentación (Stouffer & Bierregaard 1995a). Por otro lado, de las aves de interior de bosque, los nectarívoros fueron intermedios en riqueza, mientras que los frugívoro-insectívoros y frugívoro contaron con la menor representación. La baja representación de frugívoro asociados a sotobosque también fue encontrada en otro estudio en bosque andino (Renjifo & Andrade 1987), no obstante la única especie común en nuestro estudio fue perteneciente a este gremio (*Myadestes ralloides*), la cual también fue abundante en otra localidad de la cordillera Occidental colombiana (Restrepo & Gómez 1998).

Contrario a las aves de interior, aquellas de borde de bosque estuvieron representadas básicamente por nectarívoras, las cuales, al igual que las del resto de los gremios fueron principalmente raras. Dado que con la distribución de las estaciones de muestreo pretendimos representar la heterogeneidad espacial de los bosques, es probable que la rareza de algunas de las aves de borde se deba a un efecto de submuestreo (ver Coddington 2001), y que algunas de estas especies tengan abundancias mayores en los bordes y en otros elementos del paisaje, como crecimientos secundarios (e.g., *Synallaxis azarae*, *Myioarchus tuberculifer*; observaciones personales).

La baja representación de especies de áreas abiertas en nuestros fragmentos tanto en riqueza como en abundancia, ha sido hallada en trabajos previos y puede estar relacionada con lo inapropiado de este ecosistema (i. e., bosque), para su establecimiento (Stouffer & Bierregaard 1995<sup>a</sup>, b, Marini 2001; Renjifo 2001; With 2002). Sin embargo, la abundancia de determinadas especies de áreas abiertas puede incrementarse temporalmente con la oferta de recursos producto de alteraciones (Stouffer & Bierregaard 1995<sup>a</sup>, With 2002).

### **¿Está invadido el sotobosque de nuestros fragmentos?**

Encontramos dos especies nectarívoras de áreas abiertas que presumiblemente han invadido los fragmentos dada su abundancia (*Chlorostilbon mellisugus*/MC, *Amazilia saucerottei*/NC). Sin embargo, no podemos ser categóricos debido a la falta de datos demográficos. Este resultado coincide con Kattan & Murcia (2003), quienes afirman que para los colibríes es más importante los recursos alimenticios que el elemento del paisaje en el cual estos se hallen.

Los granívoros, que estuvieron pobemente representados por especies de áreas abiertas, según Marini (2001), tienen una correlación inversa entre riqueza y área de fragmento. Así mismo, Renjifo &

Andrade (1987), no encontraron representación de este gremio en bosque andino primario, probablemente debido a la ausencia de recursos alimenticios como poáceas.

En la Amazonía brasileña Stouffer & Bierregaard (1995a), no encontraron que el parasitismo de cría, por parte de *Molothrus bonariensis* (especie no común en esa localidad), afectara a las especies de sotobosque en fragmentos. Ellos suponen que con el incremento de la perturbación de bosques esta especie podría convertirse en un limitante del éxito reproductivo para las aves de bosque en fragmentos. En nuestra área de estudio, que cuenta con una historia de perturbación prolongada (i.e., > 10,000 años; Behling et al. 1998; Gnecco 1999), *Molothrus bonariensis* es la única especie parásita de cría que podría afectar a las especies incluidas en nuestro análisis (ver Mason 1986). No obstante, esta especie que es común en áreas abiertas del valle de Pubenza (observaciones personales), no la registramos en los bosques.

En nuestra área de estudio no hay aves depredadoras de nidos de área abiertas (observaciones personales, Hilty & Brown 1986), como en zona templada del norte donde estas afectan a las aves de bosque (e.g., *Corvus monedula*, *C. corone*; Andren 1992). Así, las aves de bosque de sotobosque en nuestra localidad, y según la evidencia hallada, probablemente no están sujetas al mecanismo de extinción propuesto por Turner (1996), por parte de las aves de áreas abiertas.

### **Recomendaciones:**

La rareza de algunas especies durante éste estudio puede ser debida a posibles movimientos altitudinales que requieren de estudios más detallados, tales fueron: *Doryfera ludoviciae*, *Colibri delphinae*, *C. thalassinus*, *C. coruscans* (ver Hilty & Brown 1986).

### **Agradecimientos**

Este trabajo fue posible gracias a las siguientes personas e instituciones: David Watson (Charles Sturt University, Australia) y Marcia Muñoz por sus valiosos comentarios al manuscrito; Idea Wild Biodiversity Conservation Organization (Colorado, USA), Grupo de Estudios en Manejo de Vida Silvestre y Conservación (GEMAVIC, Universidad del Cauca, Colombia), y Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca (Colombia,) por la donación y préstamo de equipos; Proyecto Biomacizo (PNUD Col-01/G-31 – Parques Nacionales Naturales de Colombia), Ximena Cajiao, Henry Ceballos, Gerardo Gallo, Teresa Medina, Carlos Idrobo, Juan Pablo López y Carolina Berget por su apoyo logístico en las diferentes fases de este trabajo; Fidel Lozano (Administrador Hacienda Río Blanco), y familia Huila por brindarnos su apoyo y compañía en campo; finalmente deseamos agradecerle a Sergio Suárez por compartirnos la historia de los bosques donde trabajamos.

## Literatura Citada

- Alcázar, C. (2003). Evaluación de la vegetación y análisis multi-temporal de dos fragmentos de bosque Subandino en el valle interandino del río Cauca, Municipio de Popayán, Colombia. Tesis. Universidad del Cauca, Popayán.
- Andren, H. (1992). Corvid density and nest predation in relation to forest fragmentation: a landscape perspective. *Ecology*, 73, 794-804.
- Behling, H., Negret, A. J. & Hooghiemstra, H.. (1998). Late Quaternary vegetational and climatic change in the Popayán region, southern Colombian Andes. *Journal of Quaternary Science*, 13, 43 – 53.
- Brooks, T. M., Pimm, S. L. & Oyugi, J. O. (1999). Time lag between deforestation and bird extinction in tropical forest fragments. *Conservation Biology*, 13, 1140-1150.
- Coddington, J. (2001). Estimación de la biodiversidad desde la escala local a la filogenética. En Memorias del Primer Congreso Colombiano de Zoología-año 2000, eds. P. Muñoz de Hoyos. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia-Bogotá, pp. 61-70.
- Espinal, T. L. S. & Montenegro, E. (1963). Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.
- Gascon, C., Lovejoy, T. E., Bierregaard Jr., R. O., Malcom, J. R., Stouffer, P. C., Vasconcelos, H. L., Laurance, W. F., Zimmerman, B., Tocher, M. & Borges, S. (1999). Matrix habitat and species richness in tropical forest remnants. *Biological Conservation*, 91, 223-229.
- Gnecco, C. (1999). An archæological perspective of the Pleistocene/Holocene boundary in northern South America. *Quaternary International*, 53/54, 3-9.
- Hilty, S. L. & Brown, W. L. (1986). A guide to the birds of Colombia. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- Johns, A. D. (1988). Effects of "selective" timber extraction on rain forest structure and composition and some consequences for frugivores and folivores. *Biotropica*, 20, 31-37.
- Kattan, G. H. & Murcia, C. (2003). A review and synthesis of conceptual frameworks for the study of forest fragmentation. In How landscapes change: human disturbance and ecosystem disruption in the Americas, eds. G. A. Bradshaw, P. A. Marquet & H. A. Mooney. Springer-Verlag, USA, pp. 183-200.
- Leck, C. F. (1979). Avian extinctions in an isolated tropical wet forest preserve, Ecuador. *Auk*, 96, 343-352.
- Marini, M. A. (2001). Effects of forest fragmentation on birds of the Cerrado region, Brazil. *Bird Conservation International*, 11, 13-25.
- Marsden, S. J. (1998). Changes in bird abundance following selective logging on Seram, Indonesia. *Conservation Biology*, 12, 605-611.
- Mason, P. (1986). Brood parasitism in a host generalist, the Shiny Cowbird: II. Host selection. *Auk*, 103, 61-69.
- Morrison, M. L., Block, W. M., Strickland, M. D. & Kendall, W. L. (2001). Wildlife Study Design. Springer-Verlag . New York.
- Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forest: implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 10, 58-62.
- Paton, P. W. C. (1994). The effect of edge on avian nest success: how strong is the evidence? *Conservation Biology*, 8, 17-26.
- Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E. & DeSante, D. F. (1993). Handbook of field methods for monitoring landbirds. General Technical Report. PSW-GTR-144. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.
- Redford, K. H. (1992). The empty forest. *BioScience*, 42, 412-422.
- Renjifo L. M & Andrade, G. I.. (1987). Estudio comparativo de la avifauna entre un área de bosque andino primario y un crecimiento secundario en el Quindío, Colombia. En Memorias del III congreso de ornitología neotropical, eds. H. Alvarez-López, G. Kattan & C. Murcia. Cali, Colombia del 30 de noviembre al 4 de diciembre de 1987, pp. 121-127.
- Renjifo, L. M. (1999). Composition changes in a subandean avifauna after long-term forest fragmentation. *Conservation Biology*, 13, 1124-1139.

- Renjifo, L. M. (2001). Effect of natural and anthropogenic landscape matrices on the abundance of subandean bird species. *Ecological Applications*, 11, 14 – 31.
- Restrepo, C. & Gomez, N. (1998). Responses of understory birds to anthropogenic edges in a neotropical montane forest. *Ecological Applications*, 8, 170-183.
- Schelhas, J. & Greenberg, R. (1993). Forest patches in tropical landscape and the conservation of migratory birds. *Migratory Bird Conservation Policy Paper No. 1*. Smithsonian Migratory Bird Center. National Zoological Park. Washington, DC 20008.
- Stiles, F. G. & Bohórquez, C. I. (1998). Evaluando el estado de la biodiversidad: el caso de la avifauna de la serranía de las Quinchas, Boyacá, Colombia. *Caldasia*, 22, 61-92.
- Stiles, F. G. & Rosselli, L. (1998). Inventario de las aves de un bosque altoandino: comparación de dos métodos. *Caldasia*, 20, 29-43.
- Stouffer, P. C. & Bierregaard, Jr., R. O. (1995a). Use of Amazonian forest fragments by understory insectivorous birds. *Ecology*, 76, 2429-2445.
- Stouffer, P. C. & Bierregaard, Jr., R. O. (1995b). Effects of forest fragmentation on understory hummingbirds in Amazonian Brazil. *Conservation Biology*, 9, 1085-1094.
- Stratford, J. A. & Stouffer, P. C. (1999). Local extinctions of terrestrial insectivorous birds in a fragmented landscape near Manaus, Brazil. *Conservation Biology*, 13, 1416-1423.
- Turner, I. M. (1996). Species loss in fragments of tropical rain forest: a review of the evidence. *Journal of Applied Ecology*, 33, 200-209.
- Watson, D. M. (2002). A conceptual framework for studying species composition in fragments, islands and other patchy ecosystems. *Journal of Biogeography*, 29, 823-834.
- Wille, M., Hooghiestra, H., Behling, H., van der Borg, K. & Negret, A. J. (2001). Environmental change in the Colombian subandean forest belt from 8 pollen records: the last 50 Kyr. *Vegetation History and Archaeobotany*, 10, 61-77.
- With, K. A. (1999). Is landscape connectivity necessary and sufficient for wildlife management? In *Forest Fragmentation: wildlife and management implications*, eds. J. A. Rochelle, L. A. Lehmann & J. Wisniewski. Brill. Leiden, Netherlands, pp. 97-115.
- With, K. A. (2002). The landscape ecology of invasive spread. *Conservation Biology*, 16, 1192-1203.

## Anexo/Especies asociadas a sotobosque de los fragmentos estudiados

\*Asociación primaria de hábitat. B: F (frugívoro), F-I (frugívoro-insectívoro), I (insectívoro), N (nectarívoro), G (granívoro). Ø: C (común), MC (moderadamente común), NC (no común), R (rara), SD (sin determinar).

Familia/especie	A. P. Hábitat*	Gremio trófico <sup>B</sup>	Abundancia <sup>Ø</sup>
COLUMBIDÆ			
<i>Geotrygon montana</i>	Interior	F	R
TROCHILIDÆ			
<i>Doryfera ludoviciae</i>	Interior	N	R
<i>Colibri delphinae</i>	Borde	N	R
<i>Colibri thalassinus</i>	Borde	N	R
<i>Colibri coruscans</i>	Borde	N	R
<i>Chlorostilbon mellisugus</i>	Áreas abiertas	N	MC
<i>Hylocharis grayi</i>	Borde	N	NC
<i>Amazilia saucerottei</i>	Áreas abiertas	N	NC
<i>Adelomyia melanogenys</i>	Interior	N	MC
<i>Coeligena coeligena</i>	Interior	N	MC
<i>Coeligena torquata</i>	Interior	N	R
<i>Haplophaedia aureliae</i>	Interior	N	NC
<i>Ocreatus underwoodii</i>	Interior	N	MC
<i>Aglaioecetes kingi</i>	Interior	N	NC
<i>Acestrura mulsant</i>	Borde	N	R
MOMOTIDÆ			
<i>Momotus momota</i>	Interior	F-I	MC
PICIDAE			
<i>Veniliornis fumigatus</i>	Interior	I	R
DENDROCOLAPTIDAE			
<i>Dendrocicla tyrannina</i>	Interior	I	R
<i>Xiphocolaptes promeropirhynchus</i>	Interior	I	R
<i>Dendrocolaptes picumnus</i>	Interior	I	NC
<i>Lepidocolaptes affinis</i>	Interior	I	NC
FURNARIIDAE			
<i>Synallaxis azarae</i>	Borde	I	R
<i>Schizoeaca fuliginosa</i>	Borde	I	R
<i>Anabacerthia striaticollis</i>	Interior	I	R
<i>Xenops rutilans</i>	Interior	I	R
FORMICARIIDAE			
<i>Dysithamnus mentalis</i>	Interior	I	NC
<i>Grallaria ruficapilla</i>	Interior	I	SD
TYRANNIDÆ			
<i>Elenia pallatangae</i>	Borde	I	R
<i>Mionectes striaticollis</i>	Interior	F	MC
<i>Platyrinchus mystaceus</i>	Interior	I	R
<i>Octoeca cinnamomeiventris</i>	Interior	I	R
<i>Knipolegus poecilurus</i>	Áreas abiertas	I	R
<i>Myarchus tuberculifer</i>	Borde	I	R
TROGLODYTIIDÆ			
<i>Henicorhyna leucophrys</i>	Interior	I	NC
TURDIDÆ			
<i>Myadestes ralloides</i>	Interior	F	C
<i>Platycichla leucops</i>	Interior	F-I	NC
<i>Turdus ignobilis</i>	Áreas abiertas	F-I	R
PARULIDÆ			
<i>Myioborus miniatus</i>	Interior	I	MC
<i>Basileuterus coronatus</i>	Interior	I	NC
COEREVIDÆ			
<i>Diglossa albilateralis</i>	Borde	N	R
<i>Diglossa sitoides</i>	Borde	N	R
THRAUPIDÆ			
<i>Tangara vitriolina</i>	Áreas abiertas	F-I	R
FRINGILLIDÆ			
<i>Atlapetes gutturalis</i>	Borde	I	NC
<i>Atlapetes brunnineinucha</i>	Interior	F-I	MC
<i>Sporophila nigriceps</i>	Áreas abiertas	G	R
<i>Zonotrichia capensis</i>	Áreas abiertas	G	R