

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

**Efecto de la estructura, composición y conectividad de las cercas
vivas en la comunidad de aves en Río Frío, Costa Rica.**

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

**Magister Scientiae
en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad**

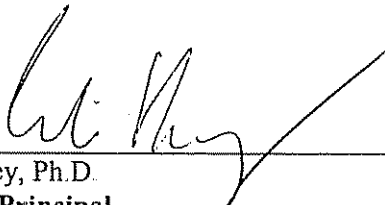
Por
José Luis Santivañez Galarza

Turrialba, Costa Rica, 2005


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

MAGISTER SCIENTIAE

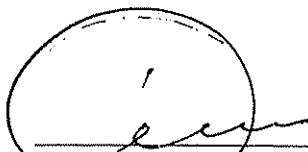
FIRMANTES:



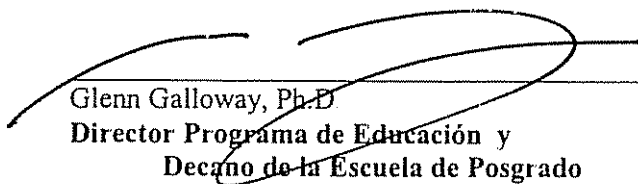
Celia Harvey, Ph.D.
Consejero Principal



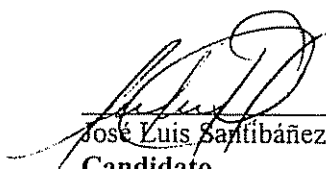
Fernando Casanoves, Ph D.
Miembro Comité Consejero



Diego Delgado, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.
**Director Programa de Educación y
Decano de la Escuela de Posgrado**



José Luis Santibáñez Galarza
Candidato

DEDICATORIA

El título es mérito compartido

Para mi esposa Fátima, que sin su
cariño, buen humor y paciencia
no hubiera logrado
esta meta tan importante.

A nuestro hijo Eric
porque sin él ningún momento hubiera sido
satisfactorio y llenos de alegrías.

Ambos son la fuente de mi inspiración,
fortaleza y resistencia a tantas
adversidades.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Francisco y Gumercinda que siempre me apoyaron en cada uno de mis planes y proyectos, porque siempre confiaron en mí y me dieron lo mejor de sí.

A mis hermanas Cinthia, Yaneth y Estela por darme tantos momentos importantes en mi vida y enseñarme que la familia es una sola, lo más importante en la vida de las personas y que siempre deben estar unidas.

A mi tío Baptista Galarza Quiroz (+), quien estuvo a mi lado siempre y me demostró cuán valioso era yo para él, pero sobre todo, me enseñó cuán importante es tener amor en el corazón para seguir viviendo.

A mi familia por el voto de confianza depositado en mí y por creer que todo lo que hago es importante.

A mis amigos Dietmar y Susy que estuvieron a nuestro lado en las buenas y en las malas y por tenernos presente con una voz de aliento y entusiasmo en los diversos momentos vividos en CATIE.

A la señora Lizeth por ser la nana que guía a mi hijo y la persona que nos ha brindado apoyo y confianza sin esperar recompensa alguna.

A mis amigos y compatriotas Edgar y Mariela por aquellos gratos momentos de tertulias e información en el tiempo que llevamos aquí en CATIE.

A mi profesora consejera la Dra. Celia Harvey, por haber tenido la paciencia y suficiente destreza para poderme transmitir buenos consejos, confianza en mí mismo profesionalmente y sobre todo creer en mí para poder desarrollar satisfactoriamente la presente investigación. Pero más aun, por ser la persona que me ha enseñado que los títulos profesionales no son para demostrar cuanto sabes ante los demás y recibir halagos personales, sino que es el mecanismo idóneo para apoyar, enseñar, ser guía y sobre todo servir en la superación de quienes la buscan como profesora y amiga.

A los profesores miembros de mi comité Ph.D. Fernando Casanoves y M.Sc. Luis Diego Delgado por los múltiples y grandes aportes que me brindaron en estos dos años de estudio en CATIE y en la elaboración del anteproyecto y la tesis.

Al M.Sc Gustavo López por su cooperación al aclararme algunas dudas en los momentos más adversos de la presente investigación.

Al Ph.D. Muhammad Ibrahim por su apoyo, enseñanzas y amistad incondicional en mi tiempo de permanencia en CATIE.

A un amigo y profesor Ph.D. Damián Rumíz que me guió por el camino de la ciencia y de la vida, mostrándome las cosas correctas que debía hacer y al que algunas veces le fallé.

Al Proyecto FRAGMENT (Evaluación del impacto de árboles en la productividad de las fincas y la conservación de la biodiversidad regional en paisajes fragmentados) financiado por el Programa del Quinto Esquema de la Comunidad Europea Confirming the International Role of Community Research, INCO-DEV Contract ICA4-CT-2001-10099, por el apoyo brindado en este estudio.

Al CATIE como institución, por el apoyo económico brindado y las enseñanzas impartidas. A la Escuela de Postgrado y a su personal por las atenciones proporcionadas en el tiempo que compartimos. Al personal de la Biblioteca Orston por ser la casa donde hay una de las mejores atenciones para el estudiante de CATIE.

A Neotropical Migratory Bird Conservancy Act (NMBCA-N9RI) y American Bird Conservancy (ABC) por el apoyo económico brindado para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

A Patricia Hernández (Pat) por su carisma y atención mostrada detrás de su computador y su teléfono, haciéndome sentir bien a sus visitantes con sus atenciones.

Al Sr. Alexis Pérez por su destreza en el campo, por la dedicación y responsabilidad demostrada en cada una de las actividades desarrolladas en el trabajo de campo. Ahh, que no todo le salga como la Pizza Alexis.

A Rachel Taylor por sus buenos consejos, colaboración en criterios ideales para mejorar la investigación y sobre todo por tener tiempo para consultas y una buena taza de café.

A Diego Tobar por su apoyo y entusiasmo en las carreteras de Río Frío y porque no se olvide cuando es necesario utilizar el cinturón de seguridad en los carros (que Gorúm te acompañe compañero).

A todos y cada uno de los finqueros de Río Frío y la comunidad de Finca Victoria por permitirme tomar los datos para el presente estudio.

BIOGRAFÍA

José Luis Santivañez Galarza nacido en Santa Cruz de la Sierra, República de Bolivia el 27 de Septiembre de 1969, se graduó de la escuela secundaria Fé y Alegría Santa Cruz de la Sierra, Bolivia en 1987. Ingresó a la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno en 1989 y se graduó como licenciado en Ciencia Biológicas en 1994.

Desde 1989 desarrolló actividades como asistente de investigación y entre 1994-2002 se desempeñó como investigador Asociado del Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado (MHNNKM), periodo en el que también desarrolló múltiples investigaciones con la WildLife Conservation Society (WCS). Entre 1998-2000 fue enviado por el Museo MHNNKM y la WCS para apoyar como investigador zoólogo en el Programa de Bosques de la Amazonía Boliviana (PROMAB) a través de un convenio interinstitucional. En el 2003 ingresó al CATIE para desarrollar su Maestría en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	OBJETIVOS DEL ESTUDIO.....	4
2.1	Objetivo General.....	4
2.2	Objetivos específicos.....	4
2.3	Hipótesis del estudio.....	4
3	MARCO CONCEPTUAL.....	5
3.1	Efectos de la deforestación y la fragmentación en la conservación de la biodiversidad.....	5
3.2	Importancia de la conectividad sobre de la biodiversidad.....	6
3.3	Importancia de la conectividad en el mantenimiento de la biodiversidad.....	6
3.4	Contribución de las cercas vivas en la conservación de la biodiversidad.....	7
3.5	Importancia de las cercas vivas para la conservación de las aves.....	9
3.6	Importancia de las cercas vivas como sistema agroforestal (SAF).....	11
3.7	Importancia del madero negro (<i>Gliricidia sepium</i> -Jacq) y poró (<i>Erythrina costaricensis</i> -Benth).....	12
4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
4.1	Caracterización del área de estudio.....	14
4.2	Descripción de los hábitats de Río Frío.....	15
4.3	Información base analizada previo al desarrollo de la investigación en Río Frío.....	16
4.4	Métodos generales.....	18
4.4.1	<i>Criterios de selección de las cercas vivas en Río Frío.....</i>	<i>18</i>
4.4.2	<i>Criterios y condiciones en la selección de los niveles de conectividad.....</i>	<i>19</i>
4.4.3	<i>Identificación de bloques, cercas vivas y nivel de conectividad.....</i>	<i>20</i>
4.5	Metodología para el primer objetivo: caracterizar la composición, estructura y el nivel de conectividad de las cercas vivas presentes en el paisaje de Río Frío, Costa Rica.....	23
4.5.1	<i>Caracterización de la estructura y la composición de las cercas vivas.....</i>	<i>23</i>
4.5.2	<i>Caracterización de la vegetación presente en las cercas vivas.....</i>	<i>24</i>
4.6	Metodología para el segundo objetivo: caracterización de la abundancia, riqueza y diversidad de especies de aves presentes en las cercas vivas.....	26
4.6.1	<i>Análisis de las comunidades de aves presentes en las cercas vivas.....</i>	<i>29</i>
4.7	Metodología para el tercer objetivo: determinar el efecto de la estructura y la composición florística de las cercas vivas con la abundancia, riqueza y la diversidad de aves.....	30
5	RESULTADOS.....	34
5.1	Caracterización de la composición, estructura y nivel de conectividad de las cercas vivas presentes en el paisaje fragmentado de Río Frío, Costa Rica.....	34
5.1.1	<i>Descripción general de la vegetación de las cercas vivas.....</i>	<i>34</i>

5.1.2	<i>Riqueza de especies arbóreas presentes en las cercas vivas</i>	37
5.1.3	<i>Densidad, riqueza, diversidad y equitatividad de árboles presentes en cercas vivas</i>	37
5.1.4	<i>Caracterización de la estructura de las cercas vivas</i>	40
5.2	Caracterización de la abundancia, riqueza y composición de aves que frecuentan las cercas vivas.....	45
5.2.1	<i>Descripción general de la fauna aviar en cercas vivas</i>	45
5.2.2	<i>Índice de similaridad de especies</i>	47
5.2.3	<i>Curvas de acumulación de especies de aves en cercas vivas</i>	49
5.2.4	<i>Abundancia, riqueza, diversidad y equitatividad de aves en cercas vivas</i>	50
5.2.5	<i>Composición de la comunidad aviar típicas de bosque, vegetación secundaria y hábitat abiertos</i>	53
5.2.6	<i>Aves migratorias y residentes de las cercas vivas</i>	56
5.2.7	<i>Tiempo de percha de las aves en las cercas vivas</i>	56
5.2.8	<i>Efectos de la estructura y composición de las cercas vivas en el número de individuos y especies de las aves por gremios alimenticios</i>	58
5.2.9	<i>Efecto de las cercas vivas en el comportamiento alimenticio de las aves</i>	61
5.2.10	<i>Efectos de las cercas vivas en el comportamiento reproductivo de las aves</i> ..	62
5.2.11	<i>Efecto de las áreas de percha en la copa en el número de individuos y de especies de las aves</i>	65
5.2.12	<i>Efectos de las cercas vivas en la dirección de llegada y salida de las aves</i>	66
6	DISCUSIÓN.....	68
6.1	Caracterización de la estructura y composición de la vegetación en cercas viva de madero negro y poró en Río Frío, Costa Rica.....	68
6.1.1	<i>Descripción de la composición arbórea de las cercas vivas</i>	68
6.1.2	<i>Descripción de la estructura arbórea de las cercas vivas</i>	71
6.1.3	<i>Efecto del nivel de conectividad de las cercas vivas de Río Frío</i>	71
6.2	Caracterización de la abundancia, riqueza y diversidad de aves que frecuentan las cercas vivas de madero negro y poró.....	72
6.3	Efecto de la estructura, composición y nivel de conectividad de las cercas vivas en la población aviar presente.....	76
6.3.1	<i>Efecto de la estructura y composición de las cercas vivas sobre la comunidad de aves que las frecuentan</i>	76
6.3.2	<i>Efectos del nivel de conectividad de las cercas vivas sobre la comunidad aviar</i> ..	79
6.4	Implicaciones sobre el diseño y uso de las cercas vivas como una estrategia de conservación para aves en agropaisajes.....	81
7	CONCLUSIONES.....	82
7.1	Vegetación.....	82
7.2	Aves.....	82
8	RECOMENDACIONES.....	85
9	BIBLIOGRAFÍA.....	86
10	ANEXOS.....	92

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Compilación del número de especies de aves identificadas en distintos tipos de cercas vivas en USA, Europa y Asia por Kimber et al. (1999).....	10
Cuadro 2. Descripción de los hábitats identificados por Chacón (2003) en la zona de estudio en Río Frío, Costa Rica.....	16
Cuadro 3. Número de cercas vivas muestreadas por tipo (madero negro y poró) y por nivel de conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres) en Río Frío, Costa Rica	21
Cuadro 4. Número de bloques (1 km x 1 km) y cercas vivas (n=62) de madero negro y poró identificadas por Chacón (2003) y por el autor del presente trabajo en Río Frío, Costa Rica.....	22
Cuadro 5. Variables utilizadas para la caracterización de la composición, estructura y arreglo espacial de las cercas vivas en el paisaje	23
Cuadro 6. Tiempo invertido para la observación de aves presentes en las cercas vivas por punto y tipo de cercas vivas en Río Frío, Costa Rica	28
Cuadro 7. Análisis estadísticos utilizados para determinar el nivel de importancia y uso de las cercas vivas para la comunidad de aves de Río Frío, Costa Rica.....	31
Cuadro 8. Características de la composición y estructura de las 62 cercas vivas evaluadas en Río Frío, Costa Rica (Los datos representan los promedios por cerca).....	34
Cuadro 9. Especies de árboles más abundantes y frecuentes en las 62 cercas vivas evaluadas en Río Frío, Costa Rica.....	36
Cuadro 10. Número de especies de árboles observados (Sobs) y estimados (ACE, Chao1 y Bootstrap) por cada tipo de cerca viva en Río Frío, Costa Rica. Los datos son promedios ± error estándar	39
Cuadro 11. Estimación de la densidad, riqueza, diversidad y equitatividad arbórea entre cercas vivas de madero negro y poró en Río Frío, Costa Rica (Letras distintas en la misma fila muestran diferencias significativas ($p < 0.05$; prueba de Duncan).....	39
Cuadro 12. Promedio de la densidad, riqueza e índices de diversidad-H' de Shannon y equitatividad-E' de árboles presentes en las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica	39
Cuadro 13. Longitud promedio de las 62 cercas vivas de madero negro y poró con distintos niveles de conectividad evaluadas en Río Frío, Costa Rica	40
Cuadro 14. Diámetros (DAP) y porcentajes promedios de árboles presentes en las cercas vivas con $DAP \geq 10$ cm y $DAP < 10$ cm en Río Frío, Costa Rica	41
Cuadro 15. Especies de árboles con diámetro > 20 cm y la frecuencia en las que se presentan en las 62 cercas vivas de Río Frío, Costa Rica	42
Cuadro 16. Tamaño promedio del radio de copa de los árboles presentes en los diferentes tipos de cercas vivas en Río Frío, Costa Rica.....	43
Cuadro 17. Altura promedio, mínimo y máximo de los árboles presentes en las cercas vivas de madero negro y poró con sus distintos niveles de conectividad en Río Frío, Costa Rica.....	44
Cuadro 18. Aves con categorías de conservación (EN) en peligro y en el CITES II presentes en las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica	45

Cuadro 19. Número de individuos y frecuencia de las 10 especies de aves más comunes (en orden de abundancia) en las cercas vivas (n=62) y los 193 puntos de radio fijo de observación en Río Frío, Costa Rica.	47
Cuadro 20. Matriz del índice de similitud (%) de Bray-Curtis entre los distintos tratamientos con base a la composición y la abundancia de las especies de aves registradas en Río Frío, Costa Rica.....	48
Cuadro 21. Aves observadas (Sobs) y comparadas con los datos estimados (ACE, Chao 1 y Bootstrap) en las cercas vivas (n=62) en Río Frío, Costa Rica	51
Cuadro 22. Descripción general de la comunidad aviar presente en las cercas vivas de madero negro y de poró con sus respectivos niveles de conectividad en Río Frío, Costa Rica	52
Cuadro 23. Número de individuos y de especies totales de aves típicas de bosque, vegetación secundaria y de áreas abiertas registradas en las cercas vivas (n=62) de Río Frío, Costa Rica	54
Cuadro 24. Promedios de la abundancia y número de especies de aves típicas de bosques, vegetación secundaria y áreas abiertas, ajustadas por las covariables de estructura y composición de las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica.....	55
Cuadro 25. Efecto de la estructura y composición de las cercas vivas en la abundancia aviar con distintas afinidades de hábitats en Río Frío, Costa Rica	55
Cuadro 26. Abundancia promedio, total y porcentual de las aves residentes y migratorias presentes en las cercas vivas de madero negro y poró en Río Frío, Costa Rica	56
Cuadro 27. Tiempo de percha promedio de las aves presentes en la cerca viva de Río Frío, Costa Rica.....	57
Cuadro 28. Lista de las 10 especies con mayor tiempo promedio de percha por cerca vivas y punto de observación en Río Frío, Costa Rica.....	57
Cuadro 29. Tiempo promedio de percha de las aves (en minutos) por gremios alimenticios y ajustados por las covariables de estructura y composición de las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica	58
Cuadro 30. Número de individuos y de especies de aves por gremios alimenticios presentes en las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica	59
Cuadro 31. Número promedios de individuos de cinco gremios alimenticios de aves en diferentes cerca vivas, y ajustadas por las covariables, en Río Frío, Costa Rica.....	60
Cuadro 32. Número promedios de especies de cinco gremios alimenticios de aves en diferentes cercas vivas, y ajustadas por las covariables, en Río Frío, Costa Rica.....	61
Cuadro 33. Efecto de la estructura y composición de las cerca vivas en la abundancia de aves de distintos gremios alimenticios en Río Frío, Costa Rica	61
Cuadro 34. Número de individuos y especies de las aves observadas consumiendo flores, frutos e insectos en las cercas vivas de madero negro y poró en Río Frío, Costa Rica	62
Cuadro 35. Número de individuos promedio, total y porcentual de las aves observadas cantando, con vuelo territorial y con nidos en las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica	63
Cuadro 36. Especies de aves con nidos en cercas vivas de madero negro y de poró en Río Frío, Costa Rica	63

Cuadro 37. Promedio del número de individuos y de especies de aves por cerca viva observadas (cantando, con vuelos territoriales y con nidos) ajustadas por las covariables de estructura de las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica	64
Cuadro 38. Efecto de la estructura y composición de las cercas vivas en la abundancia de aves que desarrollaron comportamiento reproductivo en Río Frío, Costa Rica	65
Cuadro 39. Estrato de percha de las aves en las cercas vivas de madero negro y poró en Río Frío, Costa Rica	65
Cuadro 40. Especies e individuos de aves con vuelos longitudinales y transversales en las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica. Los números representan la abundancia total de los individuos	67
Cuadro 41. Resumen de las diferencias arbóreas encontradas entre cercas de madero negro y cercas de poró en Río Frío, Costa Rica.....	70
Cuadro 42. Resumen de las diferencias arbóreas encontradas entre cercas de madero negro y cercas de poró en Río Frío, Costa Rica.....	71
Cuadro 43. Efecto que presentaron de las características florísticas y estructurales de las cercas vivas sobre las poblaciones de aves que las frecuentaron en la cercas vivas de Río Frío, Costa Rica.....	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fotografía aérea de 1998 (Proyecto Terra, escala 1:40000), con la ubicación del área de estudio, bloques de 1 km x 1 km donde se tiene información de las cercas vivas y uso de la tierra generadas por Chacón (2003).....	14
Figura 2. Escenario pluviométrico de precipitaciones mensuales elaborado por el IMN de Costa Rica.....	15
Figura 3. Clasificación de las cercas vivas de acuerdo a los niveles de conectividad en Río Frío, Costa Rica (líneas punteadas representan las cercas vivas de interés para el desarrollo de los inventarios).....	20
Figura 4. Descripción de los nueve bloques de 1 km x 1 km donde se distribuyeron las 62 cercas vivas y los 193 puntos de observación de aves en Río Frío, Costa Rica, en: a) Fotografía aérea del 2004 del proyecto Fragment y b) mapa elaborado con Trackmaker 12.0.....	22
Figura 5. Diseño y dimensiones de las áreas de observaciones de aves en una cerca viva. Líneas punteadas representan el tamaño de la copas de los árboles.....	27
Figura 6. Distribución rango-abundancia de las especies arbóreas con base logarítmica (\log_{10}): a) de la población arbórea total presente en las 62 cercas vivas y b) entre cercas de madero negro y de poró en Río Frío, Costa Rica.....	36
Figura 7. Curvas de acumulación de especies arbóreas presentes: (a) en 9.65 km de cercas vivas y (b) entre cercas de madero negro (Mn) y cercas de poró (P) en Río Frío, Costa Rica.....	37
Figura 8. Curvas de acumulación de especies de árboles presentes en las cercas vivas de acuerdo al nivel de conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres) en: a) cercas de madero negro, b) cercas de poró y b) cercas de madero negro y de poró en conjunto en Río Frío, Costa Rica.....	37
Figura 9. Curvas de acumulación de especies de árboles observados (Sobs) y estimados (ACE, Chao1 y Bootstrap) en las cercas vivas (n=62) de Río Frío, Costa Rica.....	38
Figura 10. Distribución del diámetro de todos los árboles presentes en las cercas vivas de madero negro (n=3858) y de poró (n=1992) en Río Frío, Costa Rica.....	41
Figura 11. Distribución porcentual por rangos de los radios de copas (m) de los árboles presentes en las cercas vivas de madero negro (n=5858) y de poró (n=1992) de Río Frío, Costa Rica.....	43
Figura 12. Distribución porcentual por rangos de la altura de todos los árboles presentes en las cercas vivas de madero negro (n=3858) y de poró (n=1992) en Frío Río, Costa Rica.....	44
Figura 13. Distribución rango-abundancia (\log_{10}) de aves en las cercas vivas de madero negro y poró (a y b) en Río Frío, Costa Rica.....	46
Figura 14. Dendrograma de similaridad (%) de aves de Bray Curtis con base en la composición y la abundancia de aves registradas en los distintos tratamientos (cercas de madero negro y de poró conectadas a BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres) en Río Frío, Costa Rica.....	47

Figura 15. Curvas de acumulación de especies (\pm EE) de aves en: a) general y b) mostrando las diferencias del número de individuos y de especies entre cercas de madero negro (Mn) y cercas de poró (P) en Río Frío, Costa Rica.....	49
Figura 16. Curvas de acumulación de especies de aves presentes en: a) cercas de madero negro, b) cercas de poró, y c) general de acuerdo a los niveles de conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres) en Río Frío, Costa Rica.....	50
Figura 17. Curvas de acumulación de especies de aves observadas (Sobs) comparada con las esperadas con diferentes métodos (Bootstrap, ACE y Chao1) en Río Frío, Costa Rica.....	50
Figura 18. Número de individuos y de especies de aves presentes en las cercas vivas de madero negro y poró con distintos niveles de conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres) en Río Frío, Costa Rica. Letras distintas indican diferencias significativas ($p>0.05$) con una prueba de Duncan.....	52
Figura 19. Índices promedios de la diversidad de Shannon (H') y la equitatividad (E) aviar presente en las cercas vivas de madero negro y de poró con distintos niveles de conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres) en Río Frío, Costa Rica. Letras distintas indican diferencias significativas ($p>0.05$) con una prueba de Duncan.....	53
Figura 20. Algunas formas de conectividad del paisaje según Bennett (2004): a) todo el mosaico del paisaje, b) trampolines de varios tamaños y c) corredores de hábitats que proveen conexión continua.....	79

Santivañez, G. J. L. 2005. Efecto de la composición, estructura y conectividad de las cercas vivas en la comunidad de aves de Río Frío, Costa Rica. Tesis de M.Sc. CATIE. 130 pp.

Palabras clave: Abundancia, agroecosistemas, agropaisajes, biodiversidad, cercas vivas, conectividad, diversidad, equitatividad, fragmentación, gremios alimenticios, paisajes, riqueza.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue caracterizar la comunidad aviar que frecuenta y utiliza las cercas vivas, así como el determinar el efecto de la composición, estructura y grado de conectividad de las cercas sobre la comunidad de aves presente. Entre Febrero y Agosto del 2004 se caracterizó la comunidad arbórea y aviar en 62 cercas vivas en la localidad de Río Frío, Costa Rica. Las comunidades de aves fueron caracterizados en dos especies de cercas vivas (*Gliricidia sepium* y *Erythrina costaricensis*) y en 5 diferentes grados de conectividad (conectadas a bosques densos intervenidos, conectadas a bosques riparios, con dobles conexiones, interconectadas o red de cercas vivas y libres o sin conexión). En cada cerca viva, se caracterizó la composición florística y estructural por medio de inventarios florísticos, así como la abundancia, riqueza y diversidad aviar por puntos fijos de conteo.

Se registraron 6324 árboles de 49 especies con altura de tronco >1.3 m en las cercas vivas. Las cercas fueron dominados por dos especies principales, *Gliricidia sepium* y *Erythrina costaricensis*, que representaron juntos > 95% de los árboles registrados. Sin embargo, también se identificaron algunas especies de árboles remanentes de la vegetación original de la zona y otras producto de regeneración natural (*Ficus goldmanii*, *Cordia alliodora*, *Miconia argentea*, *Pentaclethra macroloba* y *Ficus cotinifolia*). En las cercas de madero negro (*Gliricidia sepium*) se observó una mayor densidad arbórea ($p=0.0371$) y una mayor diversidad de árboles ($p=0.0005$) que las cercas de poró (*Erythrina costaricensis*), pero una menor equitatividad ($p=0.0069$). El diámetro de los árboles fue mayor en cercas de poró que en cercas de madero negro ($p=0.0202$). La longitud de las cercas vivas, la altura y el radio de copa de los árboles fueron similares en cercas de madero negro y en cercas de poró.

En las 62 cercas vivas y los 193 puntos fijos de observación, se registraron 3,497 aves de 123 especies. El 53% de las aves observadas estaban representadas por 10 especies y 6 familias, como son *Sporóphila americana* y *Oryzoborus funereus* (Emberizidae), *Tangara larvata*, *Thraupis episcopus* y *Ramphocelus passerinii* (Thraupidae), *Todirostrum cinereum* y *Pitangus sulphuratus* (Tyrannidae), *Troglodytes aedon* (Troglodytidae), *Turdus grayi* (Turdidae) y *Amazilia tzacatl* (Trochilidae). La mayoría de las aves en las cercas vivas fueron frugívoras e insectívoras, y especies típicas de vegetación secundaria.

El tipo de cerca viva influyó sobre las poblaciones de aves que las frecuentaron. En las cercas de madero negro se observó un total de 2350 individuos de 99 especies, mientras que en cercas poró fueron 1147 individuos de 94 especies. Hubo una mayor abundancia aviar en cercas de madero negro ($p=0.0368$) y una mayor equitatividad en cercas de poró ($p=0.0181$). En cambio, no hubo un efecto de la conectividad de las cercas vivas sobre la abundancia, riqueza ni diversidad aviar. También se observó efectos de las covariables de densidad arbórea, riqueza arbórea, diversidad arbórea, altura y tamaño de

las copas de los árboles sobre la abundancia, riqueza y diversidad aves presentes en las cercas vivas.

Las aves utilizan las cercas vivas en distintas maneras. Un total de 53% de los individuos y 98 especies fueron observados utilizando las cercas como sitios de protección al perchar en el interior de la copa de los árboles. Un 21% de las aves (de 85 especies) fueron observados realizando actividades de forrajeo alimentario y caza (frutos, flores, polen, néctar e insectos), mientras que 36 especies los utilizaron para actividades de cortejo y vuelos territoriales. Diecisiete especies de aves construyeron sus nidos y lo utilizaron como hábitats permanentes

Se concluye que las características de composición y estructura de las cercas vivas son las variables más importantes para mantener y conservar aves en un paisaje fragmentado, con una mayor diversidad de aves en cercas vivas que presentaron árboles altos, copas más grandes, densidades altas, y una mayor riqueza arbórea.

Santivañez, G. J. L. 2005. Effects of live fence composition, structure and connectivity on bird communities in Río Frio, Costa Rica. M.Sc. Thesis CATIE. 130 pp.

Key words: Abundance, agroecosystems, agricultural landscapes, biodiversity, live fences, connectivity, diversity, evenness, fragmentation, feeding guilds, landscapes, richness.

SUMMARY

The objective of this study was to characterize the bird community visiting live fences, and to determine the effects of live fence composition, structure and connectivity on the bird community present. From February to August, 2004, the tree and bird communities present in 62 live fences were characterized in Río Frio, Costa Rica. Bird communities were evaluated in two species of live fence (*Gliricidia sepium* and *Erythrina costaricensis*) and five degrees of connectivity (connected to forests, connected to riparian forests, with double connections, interconnected to other live fences or without connections). In each live fence, the structural and floristic composition were evaluated through vegetation inventories, while bird abundance, species richness and diversity were evaluated using fixed point counts.

A total of 6,324 trees of 49 species (dap > 1.3m) were recorded in the live fences. The live fences were dominated by two main species, *Gliricidia sepium* and *Erythrina costaricensis*, that together represented >95% of all trees. However, live fences also contained some species that were relicts of the original forest and others that were products of natural regeneration (e.g. *Ficus goldmanii*, *Cordia alliodora*, *Miconia argentea*, *Pentaclethra maculosa* and *Ficus cotinifolia*). Live fences of madero negro (*Gliricidia sepium*) had a greater tree density ($p=0.0371$) and diversity ($p=0.0005$) than live fences of poró (*Erythrina costaricensis*), but a lower evenness ($p=0.0069$). Tree diameters were greater in poró live fences than in madero negro live fences ($p=0.0202$). Live fence length, height, and crown radii were similar across madero negro and poró live fences.

In the 62 live fences and 193 point counts, a total of 3497 birds of 123 species were registered. Fifty-three percent of the observed birds were represented by 10 species of 6 families *Sporophila americana* and *Oryzoborus funereus* (Emberizidae), *Tangara larvata*, *Thraupis episcopus* and *Ramphocelus passerinii* (Thraupidae), *Todirostrum cinereum* and *Pitangus sulphuratus* (Tyrannidae), *Troglodytes aedon* (Troglodytidae), *Turdus grayi* (Turdidae) and *Amazilia tzacatl* (Trochilidae). Most of the birds in the live fences were frugivorous or insectivorous and were typical of secondary vegetation.

The type of live fence influences the bird communities present within live fences. A total of 2350 birds of 99 species were observed in madero negro fences, while 1147 birds of 94 species were observed in poró live fences. In general, there was a greater number of birds visiting live fences of madero negro and a greater evenness within poró live fences. In contrast, there were no clear effects of live fence connectivity on bird abundance, richness or diversity. There were also effects of co-variables, such as tree density, tree species richness, tree diversity, tree height, and canopy size on bird abundance, richness, and diversity within live fences.

Birds used the live fences in a variety of ways. Fifty-three percent of the birds (and 98 species) were observed using live fences as sites for protection, and perching. An additional 21% of the birds (of 85 species) were observed searching for food (fruits, flowers, pollen, nectar and insects) within the live fences, while 36 species were

observed in courtship displays or territorial flights. Another 17 bird species were observed building nests in the live fences and using them as permanent habitats.

It is concluded that the composition and structure of live fences are the most important variables for maintaining and conserving birds within fragmented landscapes, with greater bird diversity in live fences with high trees, large crowns, and greater tree density and species richness.

1 INTRODUCCIÓN

El avance de las fronteras agrícolas y pecuarias ha sido uno de los principales generadores de fragmentación y degradación del bosque (Szott *et al.* 2000). Hoy en día existen grandes extensiones de pasturas antropogénicas desprovistas de vegetación arbórea que componen la matriz principal del paisaje (Greenberg *et al.* 1997b). Es posible que este proceso de transformación del paisaje haya generado cambios en la estructura y en la composición de diversas poblaciones de animales silvestres, con la reducción de las poblaciones de algunas especies y la extinción de otras; particularmente aves residentes y migratorias por ser un grupo muy territorial y dependiente de la cobertura arbórea (Greenberg *et al.* 1997b; Galindo-Gonzalez *et al.* 2000).

En Centroamérica, grandes extensiones de bosques tropicales se han convertido en áreas de pastizales (Ibrahim y Schlonvoigt 1999) generando degradación y fragmentación de los hábitats (Keyser *et al.* 1998). La fragmentación de los bosques, el cambio de uso del suelo, la eliminación de la cobertura arbórea y el aislamiento de los hábitats han generado efectos irreversibles en el comportamiento alimenticio y reproductivo de las aves (Keyser *et al.* 1998), así como el peligro de extinción de aquellas con distribución geográfica restringida o rara (Daily *et al.* 2001).

Se puede manejar la vegetación de los paisajes fragmentados para frenar la pérdida de la diversidad de aves en sistemas de producción agropecuaria (Pimentel *et al.* 1992, Harvey *et al.* 2000b). Este manejo puede consistir en mantener o incrementar árboles en un paisaje, ya sean estos remanentes del bosque original, árboles dispersos en potreros, plantaciones forestales, cortinas rompevientos o cercas vivas (Guevara *et al.* 1992). Además, el hacer más heterogéneos, tanto en estructura como en composición, los paisajes fragmentados que son muy homogéneos, puede ayudar de forma temporal o permanente a la conservación de muchas especies de aves en estos paisajes (Naranjo 1992, Greenberg *et al.* 1997b).

La cobertura arbórea más frecuente en potreros está dada por cercas vivas con distintas formas, composición y estructura (Burel 1996). Estas cercas se encuentran en más del 90 % de las fincas ganaderas de Costa Rica (Ibrahim y Schlonvoigt 1999). Las cercas vivas son estructuras arbóreas compuestas en su mayoría por especies de rápido crecimiento y de alto

valor económico y ecológico (Camero *et al.* 2000). Por lo general, las cercas vivas no se encuentran aisladas en el paisaje, sino que suelen conformar una red que demarca las áreas de las fincas y las divisiones de los potreros. Estas redes de cercas vivas aumentan el área de cobertura arbórea en los paisajes fragmentados, lo que permitiría una mayor área de dispersión de los animales que las utilizan (Camero *et al.* 2000).

Las cercas vivas son estructuras que contribuyen a incrementar el número de aves y a diversificar la estructura arbórea del paisaje fragmentado (Burel 1996). También pueden servir como hábitats alternativos y corredores viables para distintas especies de aves que las frecuentan. Por ejemplo, estudios en regiones templadas han reportado que aves, mamíferos, murciélagos, insectos y otros animales visitan las cercas vivas en busca de alimentos, hábitats y otros recursos para subsistir (Burel 1996).

La distancia que hay entre las cercas vivas y los fragmentos de vegetación remanente, el tipo de conectividad, la forma como se distribuyen en el paisaje y la estructura de las cercas vivas son factores influyentes en el número de individuos, especies y de la diversidad de las aves que habitan dichas áreas (Burel 1996). Investigaciones sobre ecología concluyen que el tipo de conectividad es un factor influyente en el desplazamiento de las aves en los paisajes fragmentados, ya que contribuye en la dispersión y regeneración de semillas, lo cual es un gran aporte a la diversificación de las áreas desprovistas de cobertura arbórea (Haas 1995, Burel 1996, Harvey y Haber 1999, Harvey 2000a). Por ello las cercas vivas son elementos que forman parte de diversos corredores biológicos en paisajes fragmentados para algunas especies de aves (Haas 1995), mamíferos (Bennett 1990) y escarabajos Carábidos (Joyce *et al.* 1999).

Las características estructurales y de composición de la vegetación y su distribución en el paisaje son factores que influyen en el comportamiento de las aves y en su modo de selección de nuevos hábitats. Por ejemplo, las aves dependientes de áreas boscosas tendrán preferencia por cercas vivas con una estructura y composición más compleja (copas anchas, árboles altos y vegetación diversificada), mientras que las especies dependientes de hábitats abiertos preferirán las cercas vivas con más estructura herbácea y de altura pequeña (Sparks *et al.* 1996). Por ello, las características estructurales, de composición y manejo que se desarrollan

sobre las cercas vivas podrían definir el número de individuos, de especies y de la diversidad de aves que las frecuentan (Sparks *et al.* 1996).

En Europa, USA y Canadá se han desarrollado investigaciones que describen la importancia de las cercas vivas en los paisajes fragmentados. En muchos paisajes de estas regiones las cercas vivas se han convertido en las estructuras arbóreas más comunes y las únicas áreas donde se pueden refugiar la mayoría de los animales silvestres de los alrededores (Kimber *et al.* 1999). En Centroamérica, las cercas vivas han sido eficientemente adoptadas y se han convertido en elementos arbóreos muy comunes en los agropaisajes (Estrada *et al.* 1997, Baudry *et al.* 2003).

En Costa Rica las cercas vivas se encuentran presentes en más de un 90% de las fincas agropecuarias y han sido adoptadas para diversos usos. En la región del Caribe el madero negro (*Gliricidia sepium*) y el poró (*Erythrina costaricensis*) son las dos especies de árboles más comunes en las cercas vivas (Chacón 2003, Villacís 2003). La información que existe sobre la importancia de las cercas vivas en la conservación de la biodiversidad en Centroamérica aun busca profundizar en diversos temas; tales como los efectos y la relaciones que existen entre la estructura y composición vegetal con la presencia de animales silvestres que las frecuentan, que arreglos espaciales son mejores en paisajes fragmentados y sobre todo si las cercas vivas contribuyen a la conectividad funcional de los paisajes fragmentados.

Con el presente trabajo se pretende contribuir al conocimiento sobre la importancia de las cercas vivas como estructuras arbóreas funcionales en la conectividad y al mismo tiempo entender cómo la estructura, composición y distribución espacial de las cercas vivas contribuyen a mantener y conservar la avifauna.

2 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

2.1 Objetivo General

Caracterizar y comparar la comunidad de árboles y de aves presentes en cercas vivas, tanto de madero negro (*Gliricidia sepium*) como de poró (*Erythrina costaricensis*), así como determinar la relación entre la estructura, composición arbórea y el nivel de conectividad de las cercas vivas con la diversidad de aves presentes.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la composición y la estructura de las cercas vivas presentes en un paisaje fragmentado de Río Frío, Costa Rica, por tipo (madero negro y poró) y nivel de conectividad.
- Caracterizar la abundancia, riqueza y diversidad de aves que frecuentaron las cercas vivas de madero negro y poró con diferentes niveles de conectividad.
- Determinar el efecto de la estructura, composición y nivel de conectividad de las cercas vivas sobre la abundancia, riqueza y diversidad de aves presentes.

2.3 Hipótesis del estudio

- Las cercas vivas con mayor desarrollo estructural y composición presentan mayor abundancia, riqueza y diversidad de aves.
- Las cercas vivas con mayor densidad, riqueza y diversidad arbórea ofrecen mejores condiciones para mantener y conservar aves que aquellas cercas con baja densidad de árboles y poco diversificadas.
- La abundancia, riqueza y diversidad de aves es mayor en cercas vivas conectadas a fragmentos de vegetación natural en el paisaje, que en aquellas que se encuentran aisladas e interconectadas entre sí.

3 MARCO CONCEPTUAL

3.1 Efectos de la deforestación y la fragmentación en la conservación de la biodiversidad

La fragmentación es el resultado del reemplazo de áreas extensas de bosques naturales continuos a otros usos de la tierra, y es uno de los mayores problemas para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los ecosistemas en los trópicos (Bennett 1999). Este proceso genera diversos mosaicos conformados por fragmentos remanentes de bosque de variados tamaños, formas y composición, lo cual ha generado variaciones en la diversidad de flora y fauna (Saunders *et al.* 1991, Bierregaard *et al.* 1992, Murcia 1995).

La pérdida de la cobertura arbórea genera efectos a nivel de estructura y funcionalidad de los ecosistemas como modificaciones biofísicas y climáticas en los paisajes. Entre estas modificaciones se presentan cambios en el ciclo hídrico, cambios regionales de regímenes de temperatura y precipitación, así como reducciones en el secuestro de CO₂ (Bennett 1999). Otras consecuencias inmediatas por la fragmentación se traducen en la reducción de los hábitats, ocasionando procesos de defaunación (desaparición, o en casos extremos, extinción de comunidades completas de algunos grupos de animales) a lo que se denomina síndrome de bosque vacío (Dirzo y García 1992). Las actividades que afectan negativamente los ecosistemas afectan de forma inmediata a algunas especies de animales silvestres, como son insectos, aves y mamíferos, taxas consideradas muy sensibles a los cambios de estructura y composición del bosque (Dirzo y García 1992).

Las relaciones bióticas y abióticas de las comunidades de aves pueden alterarse en función del tamaño y la forma de los fragmentos, ya que al modificarse la distribución espacial de los recursos también se modifica la disponibilidad de los mismos (Bennett 1999). El grado de interrelación de los fragmentos puede determinar la viabilidad de las especies, porque al desaparecer los vínculos entre los fragmentos pueden producirse procesos de aislamiento y con ello favorecer los procesos endogámicos o llegar a la extinción local de algunas especies (Dirzo y García 1992).

3.2 Importancia de la conectividad sobre de la biodiversidad

Los impactos de la intensificación agrícola y la homogenización del paisaje son factores considerados determinantes en las características de los animales que habitan esas áreas. Estos factores son la respuesta a los cambios físicos y a la falta de conectividad de los ecosistemas (Baudry *et al.* 2003). Los cambios físicos y ecológicos pueden inducir a que muchas especies de animales presenten alteraciones sobre sus hábitos y dietas, así como cambios sobre su dinámica y comportamiento (Baudry *et al.* 2003).

La conectividad de un paisaje no solo depende de características y condiciones bióticas (presencia de árboles que conectan los parches o el tipo de matriz circundante), sino de las interrelaciones que se presenten entre los diversos organismos que habitan estos ecosistemas (p.e., especies y tamaños, hábitos, territorialidad y la respuesta a los ambientes disturbados, etc, Baudry *et al.* 2003). La conectividad de un paisaje es considerada una medida estructural que determina el movimiento de los animales, o la dispersión de plantas en los distintos ecosistemas que en ellos se encuentran (Baudry *et al.* 2003). De esta forma es imprescindible que al desarrollar lineamientos para generar conectividad en los paisajes, se debe analizar cual es la dinámica de los efectos acumulativos en el uso de la tierra a través del tiempo, así como las medidas a tomar sobre los patrones ligados a los procesos biológicos y la dinámica estructural del paisaje (Baudry *et al.* 2003).

Para todas las especies de flora y fauna silvestre que habitan áreas fragmentadas, el movimiento es considerado un proceso crucial para que la especie subsista y se perpetúe (Baudry *et al.* 2003). En el constante movimiento de los animales de un ecosistema a otro para sus distintas actividades de subsistencia (alimentos y áreas para refugiarse), indirectamente dispersan semillas, frutos y/o polinizan, pero para ello necesitan de sitios con cobertura, como los que ofrecen las cercas vivas, por los cuales puedan desplazarse entre los ecosistemas fragmentados (Millán de la Peña *et al.* 2003).

3.3 Importancia de la conectividad en el mantenimiento de la biodiversidad

En los últimos años se ha buscado mejorar la estructura de los paisajes agrícolas, tratando de mantener las interacciones de los ambientes físicos y ecológicos en los sistemas agropecuarios. Estas acciones de manejo son de suma importancia, pero además se deben

considerar criterios socioeconómicos e históricos del paisaje (Bennett 1999, Baudry *et al.* 2003). Es también necesario conocer los factores que influyen sobre la conectividad funcional del paisaje para poder conservar la biodiversidad (Baudry *et al.* 2003).

La distribución de la cobertura arbórea, los patrones de redes arboladas o cercas vivas en las fincas y las reglas internas de los finqueros en el manejo de sus áreas, son factores que influyen en la conectividad del paisaje en áreas agropecuarias (Baudry *et al.* 2003). Al manejar áreas fragmentadas será importante la diversificación del paisaje, combinando campos cultivables con elementos arbóreos, tales como las cercas vivas y árboles dispersos en potreros, y con ello permitir conectar diversos parches de bosque aislados y mejorar la conectividad del paisaje (Bennett 1999, Baudry *et al.* 2003, Chacón 2003).

El mantenimiento de la conectividad se debe tratar a diferentes escalas temporales y espaciales, permitiendo a las especies aDAPtarse a los cambios y a los recursos disponibles en el paisaje (Bennett 1999, Baudry *et al.* 2003). Las modificaciones estructurales y de composición de los ecosistemas ante las actividades agropecuarias pueden ocasionar extinción parcial o total de las especies. Dichos cambios no deben hacerse de forma inmediata y en gran escala, sino que deben hacerse de forma escalonada y pausada para permitir que los animales se adapten a dichos cambios y brindar oportunidad de una mayor dispersión de estos animales hacia otros hábitats (Bennett 1999, Baudry *et al.* 2003). De esta forma, se asegura la continuidad de los procesos ecológicos que se generan en ambientes contrastantes (Bennett 1999, Baudry *et al.* 2003).

Las conexiones entre parches de bosques fragmentados por medio de corredores podrían promover la conectividad del paisaje, influyendo sustancialmente en los hábitats de plantas y animales para contribuir en los procesos ecológicos de las áreas fragmentadas (Bennett 1999). Con esto se puede mantener, mejorar o incrementar la biodiversidad de áreas que presentan ecosistemas y especies muy deteriorados (Bennett 1999, Baudry *et al.* 2003).

3.4 Contribución de las cercas vivas en la conservación de la biodiversidad

Los paisajes agrícolas manejados con cercas vivas son más que un conglomerado de parches conectados. Son más bien estructuras permanentes o semi-permanentes utilizadas por muchos animales silvestres en algún momento de su ciclo de vida para poder sobrevivir (Baudry *et al.*

2003). Estas estructuras arbóreas son usadas como refugios naturales en sus zonas menos perturbadas y en el transcurso del tiempo podrían llegar a convertirse en áreas de recolonización de forma permanente (Baudry *et al.* 2003, Milán de la Peña *et al.* 2003).

La falta de conectividad en un paisaje puede incrementar los riesgos de extinción de algunas especies silvestres, especialmente de poblaciones pequeñas y aisladas (Bennett 1999). La fragmentación de los hábitats de estas poblaciones y la falta de corredores que sirvan de conexión con otros fragmentos de bosques limitan las posibilidades biológicas y ecológicas de la fauna silvestre, con un proceso de reducción de sus poblaciones y con el riesgo de que estas especies desaparezcan de estos sitios. Es evidente que los hábitats con altos niveles de conectividad están asociados a una mayor ocurrencia y persistencia de las poblaciones de animales silvestres que los hábitats aislados (Bennett 1999, Sekercioglu *et al.* 2001).

Diversos estudios (Bennett 1999, Sekercioglu *et al.* 2001, Baudry *et al.* 2003) han identificado muchas especies de aves, murciélagos e insectos que utilizan las cercas vivas como áreas de tránsito. Estas estructuras arbóreas facilitan el desplazamiento de los animales de ambientes fragmentados hacia parches de bosques más enteros. Estos movimientos pueden ser eventuales o permanentes, diarios, estacionales o migratorios y pueden estar en función de la especie y el tamaño del animal (Bennett 1999). Estos corredores o “pasillos” permiten a los animales incrementar sus esfuerzos de movimientos en la búsqueda de ecosistemas apropiados para su supervivencia, lo que ayuda a estas especies a mantenerse en paisajes agropecuarios (Baudry *et al.* 2003).

La capacidad de adaptación de algunos animales silvestres y su respuesta positiva o negativa ante las modificaciones que se presentan en sus ambientes naturales son criterios importantes a considerar al momento de implementar manejo en los paisajes fragmentados e incorporar árboles en línea en estos ecosistemas (Bennett 1999). Un aspecto que podría contribuir a una mejor adaptabilidad de la biodiversidad en estas estructuras, podría ser el incrementar la mayor cantidad de nodos o puntos de interconexión entre varias cercas vivas, árboles en potreros y los parches de bosques dispersos en el paisaje (Bennett 1999, Chacon 2003). Esta medida permitiría un mayor y continuo acceso hacia los recursos disponibles en los hábitats, y con ello se reduciría el nivel de mortalidad de los animales presentes en paisajes fragmentados (Bennett 1999).

3.5 Importancia de las cercas vivas para la conservación de las aves

La utilización de cercas vivas es una práctica que se está promocionando mucho en Centroamérica, México y en algunos países del Sur (Estrada *et al.* 1997). En Centro América ya forman parte de los sistemas agroforestales y silvopastoriles y son característicos de los diversos paisajes antropogénicos de Costa Rica, país donde se considera que un 90% de las fincas las utilizan (Ibrahim y Schlonvoigt 1999), con variaciones estructurales y florísticas en cada región (Burel 1996).

Las cercas vivas forman parte de los límites de los campos agropecuarios y divisiones entre apartos en fincas y conforman redes de vegetación en línea con distintos tipos de especies, siendo estas herbáceas o arbustivas (Naranjo 1994). Es interesante estudiar la posibilidad de incrementar la utilidad del paisaje para diversas especies de animales dispersores de semillas, y polinizadoras al conformar redes de cercas vivas que conectan parches de bosques y áreas con árboles dispersos en potreros (Harvey *et al.* 2000b).

Las relaciones entre poblaciones de aves y la estructura de cercas vivas encontradas por Sparks *et al.* (1996) sugieren que la estructura y composición que estas últimas influyen en las especies que las frecuentan. Por ejemplo, en zonas templadas las cercas vivas que presentan mayor abundancia, riqueza y diversidad de árboles y mayor área de follaje, son hábitats preferidos por las especies provenientes del bosque porque en ellas anidan y forrajean; pero las cercas vivas con elementos leñosos, herbáceos, de altura baja y poco diversas son frecuentadas por especies que son comunes en ambientes más abiertos (Sparks *et al.* 1996).

De acuerdo a las investigaciones desarrolladas por Sekercioglu *et al.* (2001), existe una relación directa entre el número de individuos, dieta y disponibilidad de recursos con los gremios alimenticios de las aves y no así con el tamaño del parche de bosque donde habitan, siendo una particularidad muy evidente en especies de aves insectívoras del sotobosque. Este comportamiento puede deberse a la capacidad de movimiento que tienen las aves en campos abiertos, lo que les permite explorar, frecuentar y colonizar nuevos hábitats. Si a los hábitats abiertos se les incorporan elementos arbóreos como las cercas vivas, que sean continuos y que conformen un sistema de red y conexiones con fragmentos de bosques, se estaría incrementando la cobertura arbórea y generando nuevos hábitats, lo que podría influir en la diversificación de la población aviar de la zonas (Sekercioglu *et al.* 2001).

De acuerdo a los resultados obtenidos por diversos investigadores que estudiaron poblaciones de aves en estructuras lineales en USA, Europa y ASIA desde 1940 a 1992 (Cuadro 1), la riqueza y diversidad de las aves varían de acuerdo a la estructura y la composición de los árboles en estos elementos arbóreos. En estos países donde las cercas vivas son consideradas los elementos arbóreos más comunes, también son elementos importantes donde se puede conservar biodiversidad por ser una de las pocas alternativas de vegetación que existen en los agro-paisajes actuales (Kimber *et al.* 1999).

Cuadro 1. Compilación del número de especies de aves identificadas en distintos tipos de cercas vivas en USA, Europa y Asia por Kimber *et al.* (1999)

HÁBITAT	ESPECIES	UBICACIÓN	AUTORES Y AÑO
<i>Fencerows</i> ¹	93	<i>Estado de New York, USA</i>	Petrides 1942
<i>Shelterbelts</i> ²	25	<i>Hokkaido, Japan</i>	Hino 1985
<i>Shelterbelts, Fencerows</i>	73	<i>Iowa, USA</i>	Best <i>et al.</i> 1995
<i>Hedgerows</i> ³	37	<i>England del Este</i>	Arnold 1983
<i>Shelterbelts</i>	65	<i>Dakota del Sur, USA</i>	Martín 1980
<i>Hedges</i> ⁴	66	<i>Ditmarschen, Germany</i>	Busche 1997
<i>Copses</i> ⁵	62	<i>Germany</i>	Jentzsch 1992
<i>Shelterbelts</i>	62	<i>Great Plains, Kansas, USA</i>	Schroeder <i>et al.</i> 1992
<i>Shelterbelts</i>	21	<i>Ceanu Mare, Rumania</i>	Munteanu 1990

1=Cercas vivas, 2=Cortinas rompevientos, 3=cercas vivas de tamaño bajo, 4=cercas vivas de jardín, 5=cercas vivas de jardín

Otros estudios recientes han demostrado que la avifauna es uno de los taxones que más utilizan cercas vivas. Por ejemplo, Estrada *et al.* (1997) identificaron en algunas regiones de México cerca de 96 especies de aves migratorias y un porcentaje similar de aves nómadas del neotrópico que estaban asociadas a cercas compuestas por *Bursera simarouba* (Burceraceae) y *Gliricidia sepium* (Leguminosae). En Río Frío, Costa Rica, Lang *et al.* (2003) registraron 92 especies que frecuentaban 18 cercas vivas de poró (*Erythrina costaricensis*) y madero negro (*Gliricidia sepium*), con más especies e individuos en cercas vivas con características complejas (árboles de copa ancha y árboles altos) que en cercas vivas simples (árboles de copa pequeña y árboles bajos).

Los censos de aves desarrollados de forma comparativa entre hábitats con cultivos y áreas con cercas vivas en México, han demostrando que las cercas vivas son estructuras arbóreas utilizadas por las aves como puntos de interconexión con otros hábitats naturales (bosques o parches de bosque), alterados y artificiales (cultivos y pastizales), donde 97 especies de aves entre residentes y migratorias las frecuentaron (Estrada *et al.* 1997). En el medio oeste de los

EEUU, Johnson y Beck (1988) registraron 108 especies de aves que utilizaban las cercas vivas como corredores, de las cuales 57 especies las utilizaban en temporadas reproductivas y cerca de 28 especies anidaban allí. En Gran Bretaña, registraron unas 60 especies anidando en esos ecosistemas, de los cuales el 50% las usaban de forma regular todos los años (Johnson y Beck 1988). Mientras que en la región de Monteverde en Costa Rica, 25% de las 400 especies registradas a nivel nacional fueron encontradas también en cortinas rompevientos de fincas productoras de leche (DeRosier y Nielsen 1994).

3.6 Importancia de las cercas vivas como sistema agroforestal (SAF)

La presencia de las cercas vivas en sistemas agropecuarios y paisajes fragmentados es considerada como uno de los elementos de importancia para mejorar la cobertura arbórea (Gobbi y Casasola 2003), conservar la biodiversidad (Harvey *et al.* 2000b) y mejorar la calidad del agua, suelo y erosión (Murgueito 2000, Botero *et al.* 1999, Alonzo 2000). Estas áreas son capaces de proveer hábitats a muchas especies de animales para que se reproduzcan y se perpetúen; además, producen alimentos como flores, semillas, frutas y follaje y sirven como áreas de protección (Johnson y Beck 1988, Bennett 1999) y corredores biológicos para plantas, insectos, aves y mamíferos pequeños (Burel 1992). En el Reino Unido, por ejemplo, se han determinado que los escarabajos utilizan las cercas vivas como corredores para trasladarse de un lugar a otro (Bennett 1999, Joyce *et al.* 1999).

La presencia de cercas vivas puede influir positivamente en la conservación de la biodiversidad desde el punto de vista paisajístico (Bennett 1999), sirviendo de conectores entre fragmentos de bosques dispersos y ampliando las áreas de dispersión de los animales (Baudry *et al.* 2003). Pero para que haya funcionalidad entre cercas vivas y conectividad paisajística, debe considerarse el tiempo de fragmentación del entorno, la estructura y composición de las cercas vivas y el manejo que se les aplique (Milán de la Peña *et al.* 2003).

Los criterios de selección tienen que ver con los objetivos de creación e implementación de las cercas vivas, como son: selección de sitios, especies a utilizar y facilidad de propagación (alta capacidad de rebrote, follaje abundante y perenne, entre otras). En la actualidad se utilizan alrededor de 29 especies de árboles y arbustos como cercas vivas tanto en zonas húmedas como secas de Costa Rica (Méndez *et al.* 2000). Estas especies presentan utilidades alimenticias, maderables, forrajeras y para leña (Otárola 1995). Entre las especies más

conocidas encontramos: casia amarilla (*Senna siamea*), poró (*Erythrina* sp.), leucaena (*Leucaena leucocephala*), madero negro (*Gliricidia sepium*), marango (*Moringa oleifera*), nim (*Azadirachta indica*), pochote (*Pachira quinata*), tempate (*Jatropha curca*), jiñocuabo (*Bursera simarouba*), tiguilote (*Cordia dentata*), aramo (*Acacia farnesiana*), chilamate (*Ficus* sp.), espadillo (*Yucca elephantipes*), cordoncillo (*Piper tuberculatum*), roble de sabana (*Tabebuia rosea*), jocote dulce (*Spondias mombin*), jocote garrobo (*Spondias purpurea*), sardinillo (*Tecota stans*), limonaria (*Muralla paniculada*) y marañón (*Anacardium occidentale*) (Otárola 1995).

3.7 Importancia del madero negro (*Gliricidia sepium*-Jacq) y poró (*Erythrina costaricensis*-Benth)

Las especies de árboles más utilizados como cercas vivas en Costa Rica son el madero negro y el poró, especies que proporcionan múltiples ramificaciones útiles para distintos usos (CATIE 1996). El madero negro y el poró producen leña, tienen acciones protectoras de suelos, forraje, sombra para café y cacao y soportes para especies trepadoras (Murgueito 2000, Botero *et al.* 1999, Alonzo 2000). Tanto el madero negro como el poró son especies de madera dura, pesada y fuerte, con textura moderadamente fina y cuando están plantadas resisten la humedad, la descomposición y las termitas.

Las dos especies son de amplia distribución en las partes bajas de México y América Central que cuentan con una estación seca bien definida. Estas especies han sido introducidas y naturalizadas en muchos países de América del Sur, el Caribe, Hawai y sureste de Asia, entre otras. En su área de origen, estas especies se encuentran ampliamente distribuidas en áreas por debajo de los 500 m.s.n.m y donde las precipitaciones anuales están entre los 500-1500 mm y con 5 meses de periodos secos, donde las temperaturas se encuentran entre los 22-30 °C. Son especies muy tolerantes de suelos calcáreos, arcillosos, hasta franco arenoso y con pH desde los 5.5-7.0 (CATIE 1991).

El periodo de floración del madero negro y del poró ocurre en épocas secas desde diciembre a marzo en el caso de América Central, pero en regiones húmedas tanto la floración, fructificación y pérdida de hojas es variable en el tiempo, lo que las convierte en árboles importantes para mantener y conservar biodiversidad (Chang 1984). Sus frutos son importantes para la biodiversidad ya que están disponibles en los periodos más críticos para la

fauna silvestre que es la temporada de sequía (CATIE 1991). La coloración de sus flores es variada dependiendo del lugar (CATIE 1991) y llamativa para atraer a diversas especies de polinizadores y dispersores de semillas (Frank y Salas 2003).

4 MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Caracterización del área de estudio

Entre los meses de febrero y agosto del 2004, en la zona de Río Frío donde tiene presencia el proyecto FRAGMENT¹ se inventariaron 62 cercas vivas y las aves que las frecuentaron. Río Frío está ubicado en el cantón de Sarapiquí (10°36'05 y 10°34'03 norte y 84°04'55 y 84°06'06 oeste) en la Provincia Heredia, Costa Rica (Figura 1). Se presentan elevaciones topográficas entre 100 y 300 m.s.n.m (Chinchilla 1987, Calvo 1994) con una precipitación promedio de 4120 mm/año, temperatura promedio de 25,4 °C y con un 88% de humedad relativa (Miranda 1991).

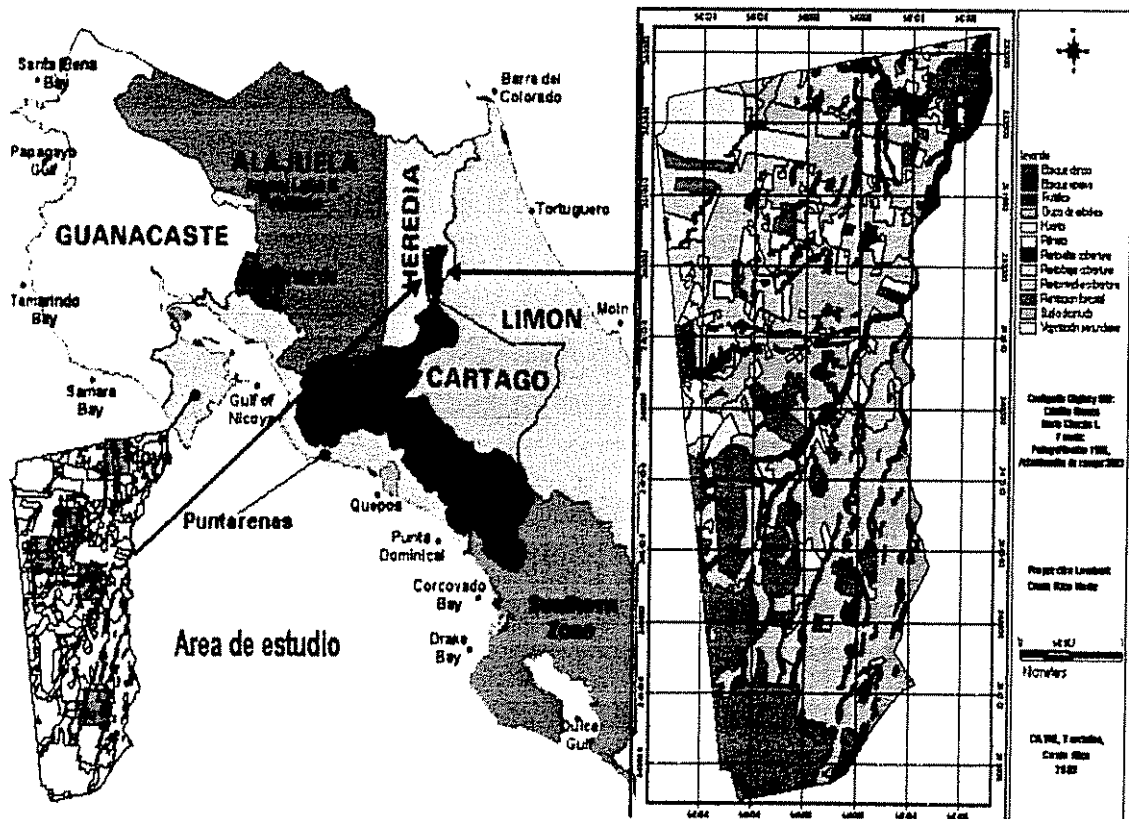


Figura 1. Fotografía aérea de 1998 (Proyecto Terra, escala 1:40000), con la ubicación del área de estudio, bloques de 1km x 1km donde se tiene información de las cercas vivas y uso de la tierra generadas por Chacón (2003)

¹ FRAGMENT (Desarrollo de métodos y modelos de valoración de impactos de árboles en la productividad de fincas y biodiversidad regional en paisajes fragmentados) - CATIE.

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge (Miranda 1991), Río Frío está clasificado como bosque muy húmedo tropical (Figura 2), con suelos derivados de las actividades volcánicas con procesos aluviales, de los órdenes Entisoles e Inceptisoles en un 5,94% y un 94,1% respectivamente (Atlas de Costa Rica 2001).

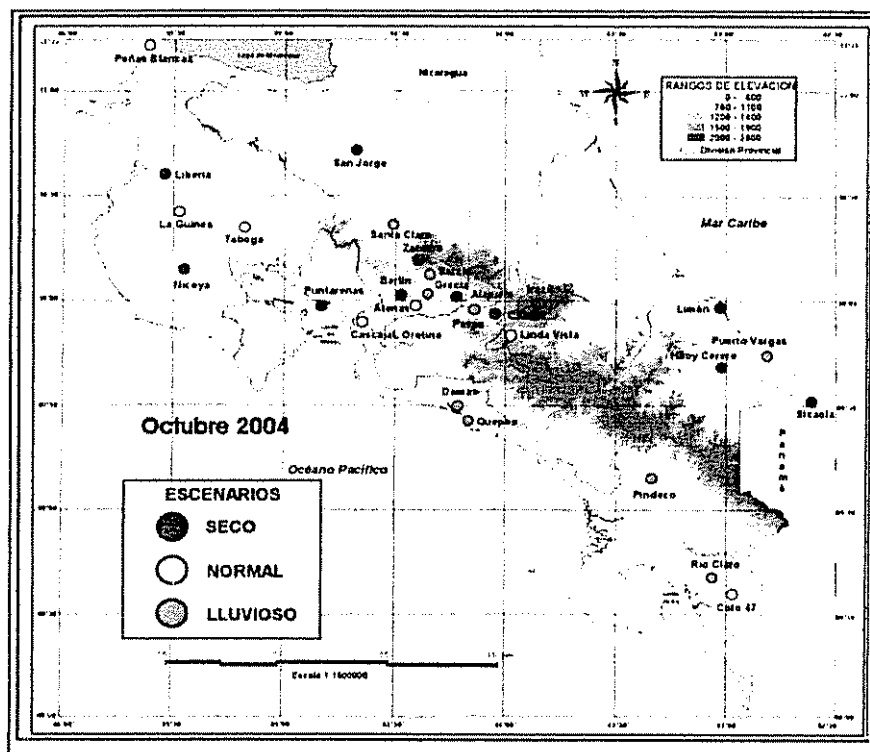


Figura 2. Escenario pluviométrico de precipitaciones mensuales elaborado por el IMN² de Costa Rica

4.2 Descripción de los hábitats de Río Frío

La actividad productiva predominante en Río Frío es la producción pecuaria (leche, carne, doble propósito). El 60% de la cobertura vegetal de Río Frío está compuesto por pasturas y es la matriz principal del paisaje, con presencia de cercas vivas conformadas por árboles frutales y maderables que también producen sombra como parte del sistema diversificado y productivo de las fincas (Villacis 2003). El área de estudio en Río Frío presenta una extensión aproximada de 4483 ha y está caracterizada por un mosaico paisajístico antropogenizado con nueve diferentes tipos de hábitats entre fragmentos de bosques, vegetación secundaria, plantaciones forestales, frutales y cercas vivas (Chacón 2003, Cuadro 2).

² El IMN es el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica y elabora mapa en línea de la distribución pluviométrica de Costa Rica (<http://www.imn.ac.cr/>).

Cuadro 2. Descripción de los hábitats identificados por Chacón (2003) en la zona de estudio en Río Frio, Costa Rica

Hábitat	Descripción	Parches (N°)	ha	Paisaje (%)
Bosque intervenido	Copa >20%, extensión >2 has, árboles dominantes y maduros	14	728.9	16.3
Bosque ripario	Franjas de bosques que bordean arroyos, ríos, lagos, lagunas o esteros	89	371.7	8.3
Árboles agrupados	Copas de árboles dominantes, rodeadas generalmente de pastizales	14	49.0	1.1
Vegetación secundaria	Árboles y arbustos dominantes <5m	9	83.7	1.9
Plantaciones forestales	Plantas leñosas en línea en zonas de cultivos	9	68.6	1.5
Pastos con baja cobertura	Cobertura distinguible extensa y con diseños variados, donde se desarrollan actividades pecuarias	24	798.1	17.8
Pastos con alta cobertura		19	205.8	4.6
Pastos con cobertura arbórea		38	1637.6	36.5
Áreas con palmito	Áreas circundantes con márgenes visibles, forma surcos paralelos y con sucesiones de copas	49	468.7	10.5
Huertos con frutales	Áreas de cultivos en pequeña escala ubicadas cerca a los poblados y asociadas a caminos de acceso y a casas	27	70.1	1.5
Áreas con suelo desnudo	Áreas desprovista de cobertura vegetal, sea esta arbórea o pastizales	1	1.8	0.1
Total		293	4483.9	100

4.3 Información base analizada previo al desarrollo de la investigación en Río Frio

El desarrollo del trabajo contó con información base sobre la estructura y composición arbórea y tipos de uso del suelo de la zona de estudio, como parte de los resultados del trabajo de interpretación de las fotografías aéreas de 1998 del Proyecto Terra, escala 1:40000 y del 2004 del proyecto FRAGMENT. También se contó con información de la estructura y la composición de las cercas vivas en el área de estudio como resultado de la investigación desarrollada por Chacón (2003), el cual identificó al madero negro (*Gliricidia sepium*) y el poró (*Erythrina costaricensis*) como las dos especies de árboles más importantes en las cercas vivas de la región.

La caracterización de las cercas vivas realizada por Chacón fue importante en el desarrollo del presente estudio. La cobertura arbórea la calculó tomando el área cubierta por las copas de los árboles en los parches de potreros por medio de fotografías aéreas, clasificándolas según sus densidades (alta, media y baja) y rasterizándolas con píxeles de 5m x 5m. Chacón separó en capas temáticas las áreas de potreros y clasificó los píxeles (según el espectro de color) en cobertura arbórea y áreas de pastos. Para analizar la composición y la configuración espacial de los hábitats en el paisaje, determinó la cantidad de parches de bosques, el área y el perímetro de los parches por hábitats. También, determinó el nivel de aislamiento e influencia

de todos los hábitats mediante la interpretación de los índices de proximidad, la distancia al vecino más cercano, el índice de contraste de borde total y el porcentaje de colindancia con otros parches. Otra de las variables metodológicas utilizadas fue el índice de esparcimiento y yuxtaposición para conocer la configuración de los hábitats y cuán mezclados estaban en el paisaje.

Para determinar la composición, estructura y la diversidad de árboles en los distintos hábitats, Chacón elaboró un mapa de uso del suelo y de hábitats, lo validó en campo y luego procedió con el establecimiento de 32 parcelas de muestreo de 100 m x 20 m (0.2 ha) en cuatro distintos hábitats (bosque denso intervenido, bosque ripario, cercas vivas, portreros). Para ubicar las parcelas se seleccionó 32 puntos al azar sobre los cuatro tipos de hábitats y los localizó con un GPS en el campo. A partir de cada uno de estos puntos estableció y orientó la parcela en sentido norte-sur. En cada una de estas parcelas de 0.2 ha midió todos los árboles con $DAP \geq 10$ cm y en cada una de las parcelas estableció cuatro sub-parcelas de 5m x 5m donde midió todos los árboles con $DAP \leq 9.9$ cm e identificó todas las especies de árboles presentes.

Para caracterizar las cercas vivas cuadrículó la fotografía aérea del área de estudio y numeró cada una de las cuadrículas. Posteriormente y de forma aleatoria, eligió cinco bloques de 100 ha (1 km x 1 km) con una distancia entre bloques de 2.68 km. Estos cinco bloques representaron el 11% (500 ha) del área total del estudio y lo definió como el área mínima de muestreo. El tamaño de los bloques lo calculó por medio de las distancias mínimas (1 km) que tenían las cercas vivas con los fragmentos de bosques densos intervenidos y de bosques riparios y en cada bloque hubo por lo menos dos fragmentos de bosque (densos intervenidos y riparios). Para el inventario de las cercas vivas en el campo consideró los hábitats que estos elementos arbóreos presentaban al inicio, al final y a los lados. También registró el número y el tipo de nodos que conectaban estas cercas unas con otras.

Para conocer las características de composición y estructura de estas cercas, registró su extensión en metros y anotó las especies arbóreas presentes y el número total de individuos, seleccionando al azar cinco de estos árboles por cerca viva para obtener una estimación del promedio del radio de copa y del DAP de cada una de las cercas vivas evaluadas. La finalidad

de esta información fue elaborar una capa temática en ArcView 3.3 (ESRI 1999)³ (Chacón 2003), la cual fue incorporada como un elemento más en la conformación del hábitat en cada uno de los bloques. Toda esta información fue analizada previamente para la selección de las cercas vivas, la especie de las cercas vivas y la distribución espacial en el paisaje de Río Frío antes de ir al campo y corroborar dicha información para el presente estudio.

4.4 Métodos generales

El presente estudio se efectuó entre los meses de febrero y agosto del 2004. A partir de la primera semana de febrero se desarrollaron las actividades de selección de sitios, cercas vivas y georeferenciación de las mismas. La ubicación de las 62 cercas vivas (31 de madero negro y 31 de poró) y de los puntos de radio fijo (n=193) para las observaciones de aves se efectuó en 2.5 meses y a partir del mes de marzo se desarrollaron los inventarios de aves y de vegetación.

4.4.1 Criterios de selección de las cercas vivas en Río Frío

La mayoría de las cercas vivas de Río Frío no solo están conformadas de madero negro (*Gliricidia sepium*) o de poró (*Erythrina costaricensis*), sino que también presentan árboles remanentes de los bosques originales que había en la región como el cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*) y el roble sabana (*Tabebuia rosea*), así como árboles frutales y vegetación de sotobosque. Por la diversidad arbórea de las cercas vivas se caracterizaron como de madero negro o de poró a todas aquellas que estaban conformadas al menos por un 75% de los árboles de una de estas especies (Chacón 2003).

En un principio se pretendió trabajar con 40 cercas vivas de madero negro y poró (20 de cada una), pero fue necesario incrementarlas a 62 (divididas por partes iguales entre madero negro y poró) con la finalidad de tener un mayor número de puntos de observación y disminuir el error de muestreo. Tanto las cercas de madero negro como las de poró presentaron cinco niveles de conectividad y cada nivel de conectividad estaba representado por seis cercas vivas. Los niveles de conectividad establecidos fueron: conexión a fragmentos de boques densos intervenido (BO), conexión a fragmentos de bosques riparios (RI), conexión en ambos

³ Arcview es un SIG que permite editar y exportar datos georeferenciados como fotos e imágenes áreas y transformarlas en datos digitales para representarlos como figuras geométricas. ArcView pertenece a la compañía Environmental Systems Research Institute USA.

extremos a cualquiera de los dos anteriores fragmentos (DC), conexiones solo entre cercas vivas o interconectadas (IN) y cercas libres o sin conexión alguna (LI) (Figura 3).

La longitud mínima establecida por cerca viva seleccionada fue de 50 m (no hubo límite para la longitud máxima) para poder establecer por lo menos un punto de observación de aves por cerca viva. También se estableció como distancia mínima entre cercas vivas 50 metros.

4.4.2 Criterios y condiciones en la selección de los niveles de conectividad

Con la fotografía interpretada por Chacón (2003) y el uso de ArcView 3.3 como herramienta de medición de distancia entre las cercas vivas y el tamaño de los fragmentos, se observó que las cercas vivas en Río Frío presentaron cinco distintos niveles de conectividad (Figura 3).

- a) Cercas vivas conectadas a BO: Los fragmentos de bosques intervenidos tenían un tamaño entre 2-10 ha. La ubicación de conexión de las cercas vivas podría estar en cualquier punto del fragmento.
- b) Cercas vivas conectadas a RI: Los bosques riparios estaban asociados a ríos, arroyos o lagos, y tenían una longitud mínima de 50 m y un ancho de 10 m.
- c) Cercas vivas con DC: Este tipo de cercas vivas tenía conexión en ambos extremos con algún tipo de bosque, ya sea fragmento de bosque denso intervenido o bosque ripario, siempre y cuando se cumplía con las condiciones de longitud y de distancia mínima entre cercas vivas.
- d) Cercas vivas IN: Las cercas consideradas como interconectadas fueron aquellas que tenían conexión solo con otras cercas vivas y no con bosque denso intervenido o bosque ripario.
- e) Cercas vivas LI: Estas cercas no presentaron ninguna conexión con fragmentos de vegetación o con otras cercas vivas. En la zona también habían cercas vivas que presentaban forma de "T" a las cuales se las clasifiqué como libre, pero en este caso se seleccionó la parte vertical de este tipo de cerca viva par el desarrollo de los inventarios.

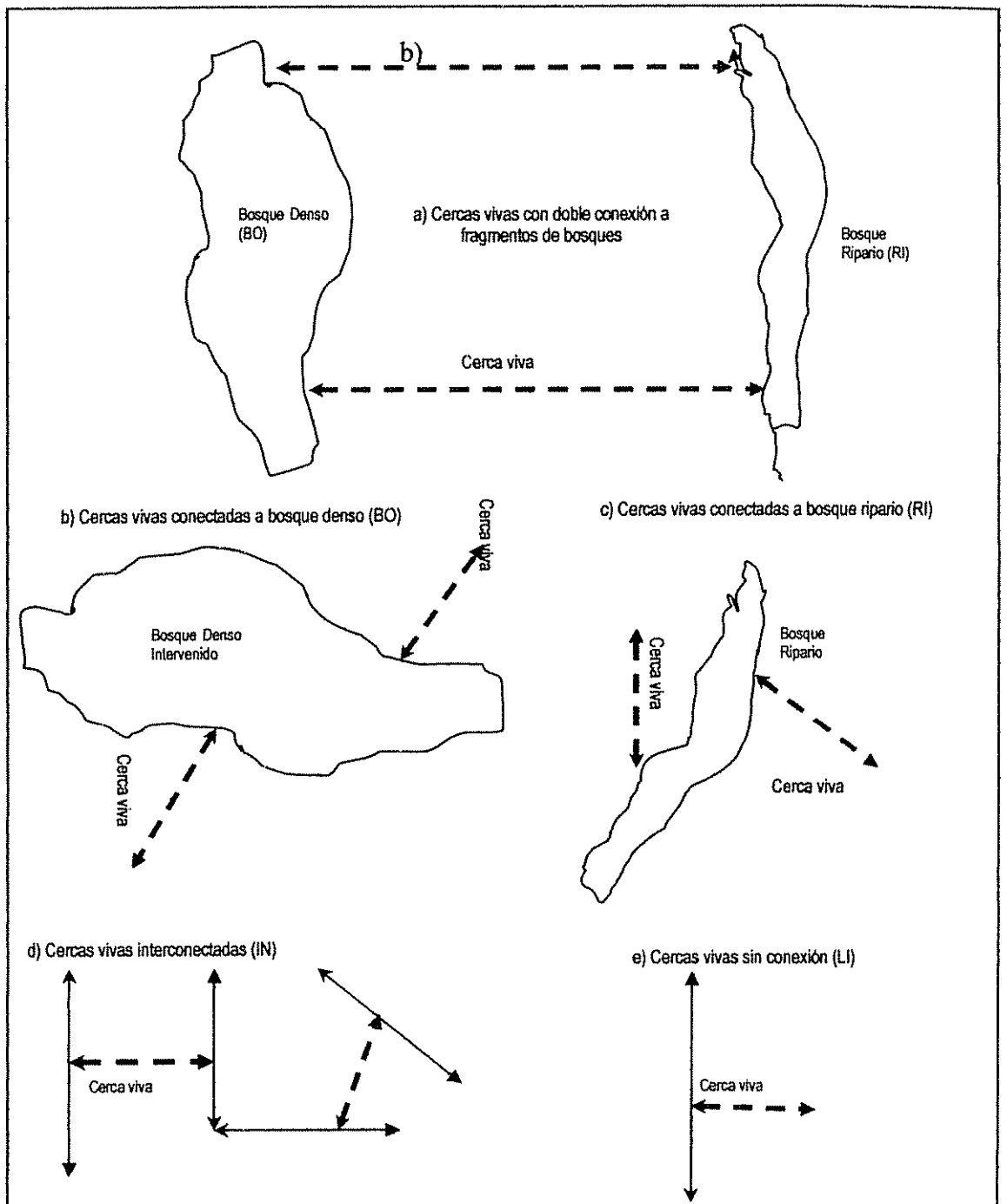


Figura 3. Clasificación de las cercas vivas de acuerdo a los niveles de conectividad en Río Frío, Costa Rica (líneas punteadas representan las cercas vivas de interés para el desarrollo de los inventarios)

4.4.3 Identificación de bloques, cercas vivas y nivel de conectividad

Una vez analizada la metodología y los resultados del estudio de Chacón (2003) se efectuó una salida de campo para validar la información que se tenía y seleccionar las cercas vivas para el estudio de las aves. Con la ayuda de la foto interpretada de la zona de estudio y de un

GPS (Sistema de Posición Global) se ubicaron cinco bloques de 1 km x 1 km con las cercas ya georeferenciadas por Chacón (2003). Muchas de las cercas que se buscaron presentaron diversos problemas, por que algunos propietarios hicieron cambios en el uso del suelo en sus fincas, otros eliminaron sus cercas vivas por completo y las reemplazaron por postes muertos, otros fragmentaron sus cercas en diversos puntos para hacer aprovechamiento de madera y eliminaron la continuidad de las mismas, otros cambiaron la especie de la cerca por otra de fácil manejo y de su interés, y otros no permitieron que entráramos a sus fincas porque el estudio no era de su interés.

De los cinco bloques y las 172 cercas vivas registradas por Chacón (2003), solo cuatro bloques y 29 cercas vivas cumplieron con los criterios de selección establecidos para este estudio. Esta cantidad de cercas vivas no permitía tener suficientes réplicas de las diferentes combinaciones de factores (especie de cerca viva y nivel de conectividad), por lo que se tuvo que buscar otras 33 cercas vivas para completar el diseño de muestreo. En total se utilizaron 9 bloques de 1 km x 1 km (cuatro establecidos por Chacón y cinco adicionales para el presente estudio) en los cuales se encontraban distribuidas las 62 cercas vivas de madero negro y poró. La selección de las cercas vivas no fue aleatoria ya que se tomaron todas las cercas vivas disponibles que cumplieran con los criterios y condiciones establecidas en la metodología (Cuadros 3 y 4).

Cuadro 3. Número de cercas vivas muestreadas por tipo (madero negro y poró) y por nivel de conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres) en Río Frío, Costa Rica

Especie	Conectividad	Repeticiones	Especie	Conectividad	Repeticiones
Madero negro	BO	6	Poró	BO	6
	RI	6		RI	7
	DC	6		DC	6
	IN	7		IN	6
	LI	6		LI	6
	5	31		5	31

Cuadro 4. Número de bloques (1 km x 1 km) y cercas vivas (n=62) de madero negro y poró identificadas por Chacón (2003) y por el autor del presente trabajo en Río Frío, Costa Rica

Bloques	Madero negro	Poró	Fuente
1	-	5	Chacón (2003)
2	6	-	Chacón (2003)
3	4	-	Trabajo actual
4	3	2	Chacón (2003)
5	5	8	Chacón (2003)
6	7	-	Trabajo actual
7	6	8	Trabajo actual
8	-	3	Trabajo actual
9	-	5	Trabajo actual
Total	31	31	

Una vez identificadas las cercas vivas, fueron medidas y georeferenciadas cada 50 m con un GPS. Posteriormente, se transfirieron los datos al software GPS-TrackMaker 12 y ArcView 3.3 (ESRI 1999) para conocer la distribución de las mismas en el paisaje y las fincas (Figura 4, Anexo 1). A las cercas vivas se les asignó un número único (del 1 al 62) y se marcaron con pintura de color y placas metálicas para poder distinguir la ubicación de las cercas a simple observación. Cada cerca viva fue codificada en función a su ubicación (nº del sitio), especie de cerca viva (madero/poró) y nivel de conectividad.

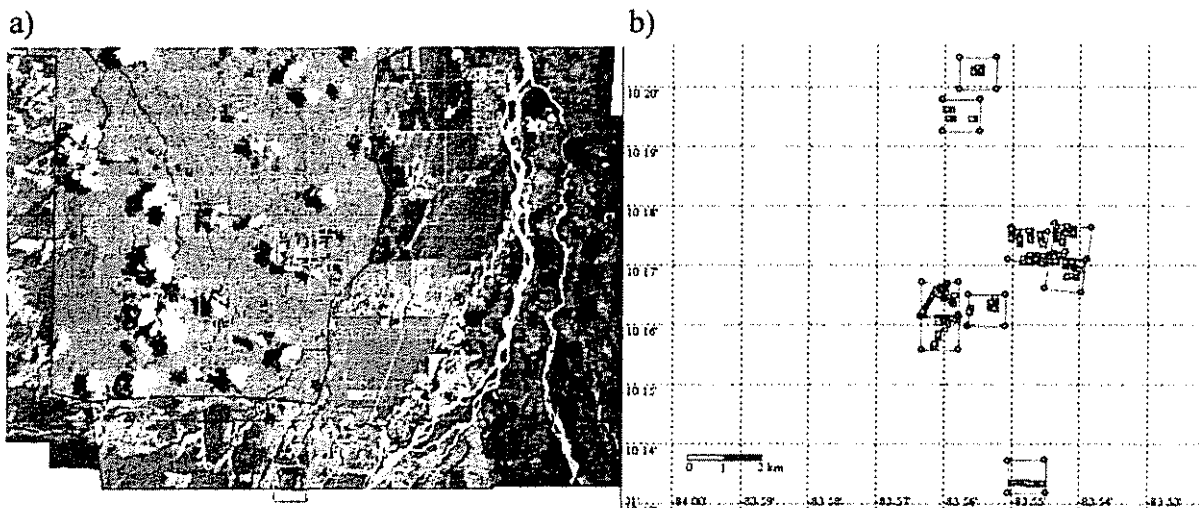


Figura 4. Descripción de los nueve bloques de 1 km x 1 km donde se distribuyeron las 62 cercas vivas y los 193 puntos de observación de aves en Río Frío, Costa Rica, en: a) Fotografía aérea del 2004 del proyecto Fragment y b) mapa elaborado con Trackmaker 12.0

4.5 Metodología para el primer objetivo: caracterizar la composición, estructura y el nivel de conectividad de las cercas vivas presentes en el paisaje de Río Frío, Costa Rica

4.5.1 Caracterización de la estructura y la composición de las cercas vivas

Se desarrollaron inventarios de la composición florística y estructural en las 62 cercas vivas siguiendo la propuesta de los especialistas de *American Bird Conservancy* (metodología aún a prueba, Anexo 2).

Con la ayuda de un técnico del proyecto Fragment y experto en la identificación de la vegetación del lugar (Alexis Pérez), se inventariaron cada uno de los árboles (≥ 1.3 m de altura del tronco) presentes en las cercas vivas. Los datos tomados en los inventarios fueron: nombre común, número de individuos por cercas viva, DAP de cada árbol, presencia de sotobosque bajo la copa de los árboles. La altura y el radio de la copa de los árboles se tomaron a partir de una selección aleatoria de cinco árboles por cada 50 metros (Cuadro 5).

Cuadro 5. Variables utilizadas para la caracterización de la composición, estructura y arreglo espacial de las cercas vivas en el paisaje

Escala	Información existente antes del estudio	Información que se buscó	Descripción de la información encontrada
Caracterización de las cercas vivas en el paisaje en los bloques (1 km ²)	<ul style="list-style-type: none"> • Uso del suelo a los lados de las cercas vivas • Cantidad de cercas vivas por bloque de 1 km² • Distribución de las cercas en el espacio • Distancias de las cercas vivas entre sí y los dos tipos de bosques ya definidos 	<ul style="list-style-type: none"> • 5 niveles de conectividad que presentaban las cercas vivas • 62 cercas vivas en los 9 bloques de 1 km² • 31 cercas vivas de madero negro y 31 de poró • 6 cercas vivas por cada nivel de conectividad y especie de cerca viva (madero negro y poró) 	<ul style="list-style-type: none"> • Los niveles de conectividad fueron: bosques denso intervenido, bosques riparios, doble conexión, interconectadas y libres o sin conexión • Distribución de las cercas en el paisaje
Composición y estructura de las cercas vivas	<ul style="list-style-type: none"> • Especies de árboles por cerca viva • Longitud de las cercas vivas (m) • Densidad de árboles/km • Radio de copa (m) • Diámetro (DAP) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de cercas vivas (madero negro y poró) • Especies de árboles por cerca viva • Altura de las cercas • Radio de copa • Diámetro altura al pecho (DAP) • Longitud de las cercas vivas • Densidades de árboles por kilómetro de cercas vivas 	<ul style="list-style-type: none"> • Lista de especies de árboles presentes en cercas vivas de madero negro y poró • Diámetro de todos los árboles presentes en las 62 cercas vivas bajo estudio • Promedio de la altura y radio de copa de los árboles por cerca viva • Longitud de las cercas vivas, por tipo de cerca, nivel de conectividad en total

Se tomó la longitud de las 62 cercas vivas con una cinta métrica de 50 m. Al final de cada 50 m se colocó una placa de aluminio codificada con el número del bloque, tipo de cerca viva y nivel de conectividad.

Los datos de altura y tamaño de copa de los árboles fueron el resultado de una selección aleatoria de cinco árboles por cada 50 m de cerca viva (Chacón 2003). La selección de los cinco árboles se realizó a partir del punto fijo de observación de aves, seleccionando aleatoriamente dos árboles a cada lado, además del árbol ubicado en la parte central de los 50 m.

Se midió el DAP de todos los árboles presentes en las cercas vivas $>$ y <10 cm de dap con una cinta diamétrica de 7.5 m (*Forestry Suppliers Metric Steel*). Fue importante tomar en cuenta esta variable debido al continuo incremento o recambio de estacas en las cercas vivas que hacen los finqueros como parte del manejo que aplican y que está reflejada en la distribución diamétrica.

Con la ayuda de un telémetro (Impulse 200 láser) se midió la altura de los árboles presentes en las cercas vivas desde el nivel del suelo hasta el extremo superior de la copa. Con el mismo instrumento se midió el radio de copa y la altura de los árboles. También, se anotó la dirección de las cercas vivas en el paisaje para ver si las aves volaban de forma paralela a las cercas vivas y las utilizaban como corredor o lo hacían de forma transversal. También se tomó en cuenta el manejo que aplicaban los finqueros a las cercas vivas, considerando la práctica de poda parcial o total, el desarrollo de limpiezas o chapeo de las cercas vivas, corta de árboles dentro de las cercas vivas, presencia o no de ganado y el desarrollo de actividad agrícola en los alrededores de las cercas vivas.

4.5.2 Caracterización de la vegetación presente en las cercas vivas

Se evaluó el número de individuos y la composición de los árboles presentes en las cercas vivas de madero negro y de poró utilizando estadística descriptiva (media y error estándar). Estos análisis fueron desarrollados con el programa estadístico InfoStat/P.v 1.6 (Infostat 2004).

Los análisis de vegetación realizados por tipo de cerca viva (madero negro y poró) y nivel de conectividad (BO, RI, DC, IN y LI) se desarrollaron promediando el número de individuos por cada 50 m (extensión que tiene cada punto de observación de aves) y luego por cerca viva para estimar la densidad arbórea, riqueza de las especies, índices de diversidad de Shannon-H' y de Equitatividad-E', DAP, radio de copa y longitud de las cercas vivas. Todos estos análisis se desarrollaron con el programa estadístico InfoStat/P.v 1.6 (InfoStat 2004). También se desarrolló un análisis de conglomerados jerárquicos por medio del índice de similitud de Bray Curtis para datos cuantitativos, entre los distintos factores. Este índice se calculó por medio del paquete estadístico de biodiversidad BioDiversity-Pro Professional Beta (McAleece 1998).

Se desarrollaron curvas de distribución del número de individuos utilizando base logarítmica (Log_{10}) para hacer una mejor estimación del muestreo y ampliar el rango de inferencia de acotamiento. También, se desarrollaron curvas de acumulación de especies de la vegetación registrada en las cercas vivas, para comparar las tasas de acumulación y estimar el número total de individuos estimados en cada hábitat en función de los datos observados (Cowell y Coddington 1994; Cowell *et al.* 2004). Las curvas se elaboraron en función de la riqueza (Y) y del número de individuos (X) de la vegetación a nivel general de forma comparativa entre cercas de madero negro y cercas de poró y entre cercas con distintos niveles de conectividad. Los datos observados se compararon con los modelos paramétricos y no-paramétricos que mostraron el mejor ajuste en sus curvas. Estos modelos fueron Chao1 de primer orden⁴, ACE (Abundance-based Coverage Estimator of species richness)⁵ y Bootstrap⁶ (Colwell *et al.* 2004). Los datos observados y los estimados fueron obtenidos mediante el programa EstimateS7.5 y fueron graficados con el programa Sigmaplot2000 (Colwell *et al.* 2004).

Los estimadores utilizados se describen a continuación:

- Bootstrap es un estimador de riqueza de especies y un análisis de re-muestreo, pues no requiere del supuesto de normalidad y acepta muestras de cualquier tamaño para la estimación de intervalos. También, permite estimar la variabilidad de las muestras a través

⁴ Chao1 estima la riqueza en base a los singletons (1 individuo).

⁵ ACE utiliza todas las especies que presentan ≤ 10 individuos.

⁶ Bootstrap es un estimador no muy exigente porque puede estimar la riqueza con muestras grandes o pequeñas

de la toma de muestras sucesivas con reemplazo de la muestra original (Pla y Matteucci 2001).

- Chao1 es también un estimador de la riqueza al igual que Bootstrap, pero con la diferencia que este estimador requiere de los supuestos de normalidad y utiliza la presencia de las especies de la muestra con un solo individuo (*singletons*) y con dos individuos (*doubletons*): $Sest = Sobs + F^2/2G$, donde: Sest es el número de especies estimadas, Sobs es el número de especies observadas en una muestra, F es el número de *singletons* y G es el número de *doubletons* (Colwell *et al.* 2004).
- ACE (Abundance-base Coverage Estimator) es otro estimador de riqueza modificado de Chao 1 por Chao y Lee (1992), discutidas por Colwell y Coddington (1994) e introducidas en estudios de ecología por Chazdon *et al.* (1998). Como la mayoría de los estimadores de riqueza utilizan datos de un individuo (*singletons*) y dos individuos (*doubletons*), se obvía en muchas ocasiones especies con bajas poblaciones, por lo que Chao y Lee (1992) desarrollaron modificaciones del índice de Chao1 para ajustar los intervalos de confianza utilizando especies ≤ 10 individuos en vez de solo *doubletons* y *singletons*, estadístico al que denominaron ACE por sus siglas en ingles.

4.6 Metodología para el segundo objetivo: caracterización de la abundancia, riqueza y diversidad de especies de aves presentes en las cercas vivas

La caracterización de la comunidad aviar presente en las cercas vivas se realizó en función del número de individuos, especies, diversidad y equitatividad. Se registraron aves en cada una de las 62 cercas vivas siguiendo los criterios metodológicos de puntos de conteo de radio fijo (Reynolds *et al.* 1980, Hutto *et al.* 1986, Ralph *et al.* 1996, Znajda 2000, Molano *et al.* 2002). Como las cercas vivas presentaron tamaños diferentes, ya que no hubo restricciones en la longitud máxima para ver el efecto de ésta variable sobre las aves, en cada cerca viva se ubicó el mayor número de puntos de observación de aves posible (según el largo de cada cerca viva) de forma continua. También se tomó el tamaño de la copa de los árboles como el ancho máximo de observación y se contabilizaron todos los individuos que percharon en las cercas vivas.

A lo largo de las cercas vivas bajo estudio (9,65 km) se ubicaron 193 puntos de conteo de aves con una distancia de 50 m entre puntos y a lo ancho lo que tenían de tamaño las copas

de los árboles (Figura 5). El primer punto de observación de aves se ubicó a 25 m del inicio de cada cerca viva (Estrada *et al.* 1997) e independientemente del tipo de conectividad que ésta presentaba. Los siguientes puntos de observación se distribuyeron a cada 50 m a lo largo de las cercas vivas. El número de puntos totales por cerca viva fue variable y estaba en función del largo total que presentaba cada cerca viva. Por ejemplo, las cercas más pequeñas, menores a 100 m, presentaron solamente un punto, mientras que la cerca más extensa, que tenía 1200 m, presentó 24 puntos.

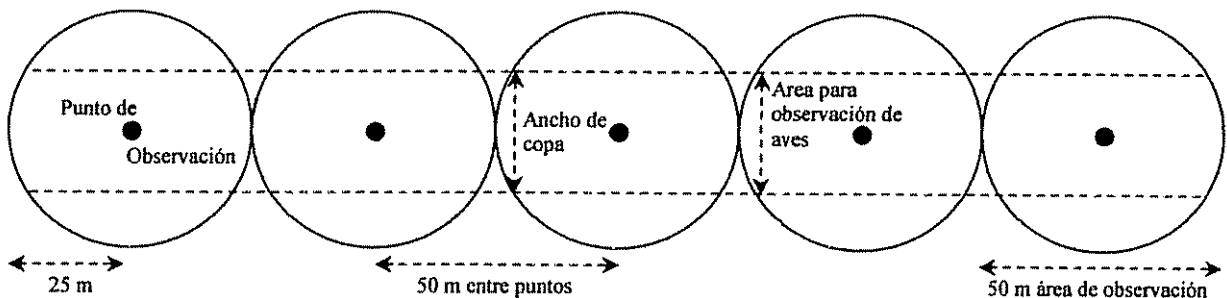


Figura 5. Diseño y dimensiones de las áreas de observaciones de aves en una cerca viva. Líneas punteadas representan el tamaño de la copas de los árboles

En cada punto de conteo se colocaron placas de aluminio para identificar el lugar donde se desarrollaría el inventario de aves. A 25 m a cada lado del punto de conteo se puso una marca con pintura a nivel de la cintura para ver el área máxima de observación para aves que perchaban en las cercas vivas. Los puntos de observaciones de aves fueron georeferenciadas y transferidas al software GPS-TrackMaker 12.0 y ArcView 3.3 (ESRI 1999), luego se superpusieron los puntos en una fotografía aérea del lugar para ver como estaban distribuidas las cercas vivas en el paisaje agropecuario de Río Frío.

En cada punto de conteo se registraron todas las aves (individuos y especies) que percharon en las cercas vivas durante un periodo de 15 minutos y no así las aves que posaban en el suelo o aquellas que cantaban, ya que se quería ver el uso efectivo por medio de las actividades que realizaban las aves en las cercas vivas. Antes de cada inventario, en cada punto se tomó un tiempo prudencial de 2-3 minutos para no ahuyentar las aves presentes en las cercas vivas al momento de pasar a un siguiente punto y para que las aves se acostumbraran a la presencia del observador. Esos 2-3 minutos previos al censo por punto también fueron utilizados para tomar datos de uso y manejo que aplicaron los finqueros sobre las cercas vivas.

Los inventarios de aves se desarrollaron diariamente en dos periodos (Johns 1991, Chipley y Naranjo 2003) por las mañanas de 06:00 a 09:00 (Chipley y Naranjo 2003) y por las tardes de 15:00 a 18:00 (Johns 1991), efectuando un esfuerzo de muestreo/día de 6 horas. Cuando se presentaron precipitaciones fuertes el inventario fué suspendido debido a la dificultad de observación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Tiempo invertido para la observación de aves presentes en las cercas vivas por punto y tipo de cercas vivas en Río Frio, Costa Rica

Tipo de cerca viva	Nº Cercas vivas	Nº puntos	Minutos de observación total	Minutos de percha de las aves por punto de conteo
Mn_BO	6	14	210	48.8
Mn_RI	6	18	270	56.8
Mn_DC	6	23	345	57.4
Mn_IN	7	18	270	52.6
Mn_LI	6	44	660	71.1
P_BO	6	13	195	49.7
P_RI	7	16	240	66.2
P_DC	6	13	195	40.9
P_IN	6	19	285	60.0
P_LI	6	15	225	41.9
Total	62	193	2895	57.5

Mn=Madero negro, P=poró; BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres

Una vez establecidos todos los puntos (n=193) en todas las cercas vivas (n=62), se procedió a seleccionar aleatoriamente el orden que debían tener los puntos para el desarrollo de los censos. Cada punto de observación de aves fue muestreado por 15 minutos, cuatro veces, en todo el tiempo de trabajo de campo (de Marzo a Septiembre del 2004), de los cuales dos muestreos se desarrollaron por la mañana y dos por la tarde. El orden de muestreo de las cercas fue aleatorio para evitar sesgos introducidos por el tiempo y/u hora de muestreo. Los datos de aves obtenidos se analizaron sumando la información obtenida en los cuatro inventarios realizados en cada punto de observación de cada una de las cercas vivas.

En los inventarios de aves solo se consideraron a los individuos y las especies que utilizaron físicamente las cercas vivas, es decir a todas aquellas aves que percharon sobre la copa, entre la copa o en el sotobosque bajo las copas de los árboles a lo largo de los 50 m que presentaba cada punto de observación.

La información tomada en los 15 minutos de observación era anotada en planillas pre-elaboradas. Los datos tomados consistieron en: la especie, la hora de llegada y salida del

punto de observación, movimientos realizados (longitudinales, transversales, mixtos o sin movimiento), altura de percha (sobre la copa, entre la copa, bajo la copa y sobre alambrada), comportamiento alimenticio (insectos, frutos, flores, etc.) y comportamiento reproductivo (visita a nido, vuelo de cortejo y canto). Las aves también fueron clasificadas con respecto a los gremios alimenticios que presentaban con base en Stiles y Skutch (1989), los cuales fueron: carnívoros (incorporándose a las aves carroñeras), insectívoros, frugívoros, omnívoros y nectarívoros.

4.6.1 *Análisis de las comunidades de aves presentes en las cercas vivas*

En total se desarrollaron cuatro réplicas en el tiempo por punto de observación en cada cerca viva (en total 1 hora de observación por punto). Al ser las cercas vivas el factor de comparación del presente estudio, los datos generados durante la hora de muestreo se analizaron en conjunto, sumando los datos de los 4 inventarios para obtener un número de individuos y especies totales de aves por punto fijo de observación. Se promedió el número de aves y de especies por puntos de conteo por cerca viva y se analizó con el programa infostat/P.v 1.6 (InfoStat 2004).

Los promedios obtenidos fueron introducidos en una matriz (base de datos) conformada por 62 filas que representaron todas las cercas vivas que se evaluaron y que estaban ordenadas por el tipo de especies de cerca viva y el nivel de conectividad de cada cerca viva. Las columnas de la matriz fueron conformadas por todas las variables de respuesta descritas anteriormente.

Se evaluó el número de individuos y de especies de aves presentes en las cercas vivas utilizando estadística descriptiva (media y error estándar). Con base en los datos de aves se conoció la abundancia (n°), riqueza (S), índices de diversidad de Shannon-H' y de Equitatividad-E'. También se desarrolló un análisis de conglomerados por medio del índice de similitud de Bray Curtis calculado por medio del programa estadístico BioDiversity-Pro Profesional Beta (McAleece 1998).

De igual forma que en la vegetación, se elaboraron curvas de acumulación de especies de aves con la finalidad de tener una aproximación de la riqueza aviar presente en las cercas vivas de diferentes tipos. Las curvas fueron elaboradas con el número de especie (Y) y el

número de individuos (X) de aves de forma comparativa entre cercas de madero negro y de poró y entre los distintos niveles de conectividad. También se elaboraron curvas predictivas comparando los datos observados con los estimados (Chao1, ACE y Bootstrap) por medio del programa EstimateS7.5 y graficados con el programa SigmaPlot2000 (Colwell *et al.* 2004). También se desarrollaron curvas de distribución del número de individuos utilizando bases logarítmicas (Log_{10}).

4.7 Metodología para el tercer objetivo: determinar el efecto de la estructura y la composición florística de las cercas vivas con la abundancia, riqueza y la diversidad de aves

Para cumplir con este objetivo se desarrollaron distintos análisis estadísticos (Cuadro 7) con base en un listado de las especies de árboles y aves presentes en los 10 factores (cercas vivas de madero negro y de poró con sus respectivas conexiones). Se desarrollaron análisis de covarianza (ANCOVA) para ver el efecto de los factores (especie de cerca viva y el nivel de la conectividad) sobre la comunidad aviar presente, y si dichos efectos estaban influenciados por alguna de las variables de estructura (altura, DAP, diámetro de copa de los árboles y longitud de las cercas) y composición (densidad, riqueza, diversidad-H' y equitatividad-E' arbórea) de las cercas vivas. El análisis de covarianza es una técnica estadística que utilizando un modelo de regresión lineal múltiple, busca comparar los resultados obtenidos en diferentes grupos de una variable cuantitativa y corrige las posibles diferencias existentes entre los grupos en otras variables que también pudieran afectar el resultado. Con los resultados de las ANCOVAS se construyeron cuadros que muestran las medias corregidas por las covariables (estructura y composición de las cercas vivas). Todos estos análisis se desarrollaron por medio del programa estadístico InfoStat/P.v 1.6 (InfoStat 2004).

Se utilizó como modelo un diseño completamente aleatorizado (DCA), univariado, con 10 tratamientos y con estructura factorial de tratamientos (2x5). La estructura factorial estuvo conformada por los dos tipos de cercas vivas (madero negro y poró) y los cinco niveles de conectividad (BO, RI, DC, IN y LI). Para encontrar las diferencias entre las medias se utilizó la prueba de Duncan al 95%. El modelo matemático fue:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + C_j + E * C_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

donde:

- y_{ijk} = respuesta en la especie_i, tipo de cerca viva_j, conexión_k
 μ = media poblacional
 E_i = efecto de la especie de cerca viva
 C_j = efecto de la conectividad
 EC_{ij} = efecto de la interacción entre especie de cerca viva*conectividad
 ε_{ijk} = término de error aleatorio

Cuadro 7. Análisis estadísticos utilizados para determinar el nivel de importancia y uso de las cercas vivas para la comunidad de aves de Río Frío, Costa Rica

Índices	Fórmulas	Interpretación
Índice de diversidad de Shannon-H' de las especies	$H' = - \sum_{j=1}^s p_j \log p_j$	Este índice tiene un rango entre 0 y 1. Altos valores de H' indican gran abundancia, mientras que valores bajos indican baja abundancia.
Índice de Equitatividad-E	$E = 1/sp$ $0 \leq E \leq 1$	Este índice es un parámetro descriptivo de las relaciones de la abundancia, donde su valor se acerca a cero cuando una especie es más abundante que otra.
Análisis de regresión	$y = a + bx$	Este análisis se refiere a la relación funcional existente entre dos variables: una o más variables regresoras y una variable de respuesta.
Porcentaje de similitud de Bray Curtis y análisis de conglomerados	$B_C = 2pn / an + bn$	Este índice muestra las variables analizadas según medidas de la distancia o de semejanza, utilizando las medias por hábitat a comparar. Los datos son de tipo cuantitativo donde la matriz expresa valores porcentuales de similitud y la gráfica en forma de un dendrograma.
Curva de acumulación de especies	$C_{sp} = \frac{N^{\circ} \text{ Spp}}{\text{Esfuerzo}}$	Este análisis muestra el número de especies acumuladas conforme aumenta el esfuerzo de muestreo en un sitio, aumentando la riqueza hasta alcanzar un máximo estabilizándose en una asíntota.
CHAO1 (Índice de chao de primer orden basado en la abundancia de especies)	$S_{est} = S_{obs} + F_2/2G$	Este estimador de riqueza de especies está basado en las especies raras de una población y se compone por uno (<i>singletones</i>) y dos individuos (<i>doubletones</i>)
ACE (Estimador basado en la abundancia de las especies)	$C_{ace} = 1 - \frac{F_1}{N_{rare}}$	Este estimador es un ajuste realizado al índice de CHAO1 de primer orden y estima la riqueza de las especies de una muestra en base a todas las especies ≤ 10 individuos.
Bootstrap (Índice de riqueza)		Este es un índice de riqueza, el cual no requiere de muestras grandes, ni que los datos sean normales y es ampliamente utilizado para cualquier tipo de análisis y tamaño de muestra.

Se calculó la diversidad de árboles y aves presentes en las cercas vivas usando el índice de diversidad de Shannon (Magurran 1986). Este índice supone que la diversidad depende de la riqueza y de la abundancia presente en una comunidad. Conceptualmente, es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad. Esto es, si una comunidad de S especies es muy homogénea, por ejemplo, porque existe una especie claramente dominante y las restantes S-1 especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes. O sea, al tomar aleatoriamente un individuo en el primer caso tendríamos un grado de certeza más alto (menos incertidumbre) que en el segundo, porque mientras que en el primero la

probabilidad de que pertenezca a la especie dominante será cercana a uno, mayor que para cualquier otra especie, en el segundo será la misma para cualquier especie. Si se desea cuantificar este grado de incertidumbre, es posible apoyarse en la teoría de la información suponiendo una población infinita (Pla y Matteucci 2001). El índice de Shannon-H' está dado por:

$$H' = - \sum_{j=1}^s p_j \log p_j$$

Donde p_j es la proporción detallada de la j -ésima especie ($\sum_j p_j = 1$) y s es el número de especies. El valor de H' se encuentra acotado entre 0 y el $\log(s)$, tiende a cero en comunidades poco diversas y es igual al logaritmo de la riqueza específica en comunidades de máxima equitatividad ($H'_{\max} = \log(s)$). Estos datos fueron calculados en el programa BioDiversity Professional Beta (McAleece 1998).

También se calculó el índice de Equitatividad (E) para conocer cómo se distribuyen los árboles y las aves en las cercas vivas. La equitatividad es un parámetro descriptivo de las relaciones del número de individuos, la cual se puede estimar a partir de la abundancia de las especies dominantes (Sp_1 ; Hill 1973).

$$E = 1/Sp_1; 0 \leq E \leq 1$$

El valor de E se acerca a cero cuando una especie domina en abundancia sobre todas las demás en la comunidad y se acerca a uno cuando todas las especies comparten abundancias similares. Estos cálculos fueron elaborados en BioDiversity Professional Beta (McAleece 1998). Estos análisis fueron realizados para cada una de las cercas vivas y posteriormente se estimó la media por conectividad y se realizó una ANOVA para ver si se presentaban diferencias estadísticas entre los promedios para cada uno de estos valores registrados en los diferentes hábitats.

Para comparar la composición florística y la composición aviar entre los distintos factores se realizaron análisis de agrupamientos para cada uno de los hábitats de acuerdo a la composición y abundancia de especies, tanto de árboles como de aves presentes en las cercas vivas. Este método clasifica los hábitats muestreados según medidas de distancias o de

semejanza. Los datos pueden ser cuantitativos para la composición y abundancia de especies, o de presencia/ausencia en el caso de la composición únicamente de las especies. La similitud de vegetación y aves se determinó utilizando análisis de conglomerados con base en los porcentajes de similitud de Bray-Curtis. Tanto los porcentajes de similitud como los dendrogramas desarrollados con base en los 10 tratamientos comparados, se obtuvieron a través del programa BioDiversity Professional Beta (McAleece 1998). En los resultados se muestra tanto el dendrograma como la matriz de porcentajes de similitud entre cada uno de los diferentes hábitats.

Se desarrollaron análisis de regresión múltiple con la finalidad de investigar y modelar la relación funcional que existe entre la comunidad aviar (e.g. abundancia, riqueza y diversidad de las aves presentes), con las variables florísticas (abundancia, riqueza y diversidad de árboles, longitud de las cercas vivas, densidad de árboles por km y por cada 100 m de cerca viva, altura total de los árboles en las cercas, tamaño de la copa y el diámetro altura al pecho > 1.3 m). Mediante las regresiones se quiso demostrar cómo los cambios en las variables predictoras afectaban las variables de respuesta. Esta relación se modela como $Y = X\beta + \varepsilon$, en su forma matricial, donde Y es el vector del número de individuos, de especies y de la diversidad aviar o variables dependientes, X es la matriz a las covariables o variables de composición y estructura de las cercas vivas también llamadas regresoras, β es el vector de parámetros que será estimado a partir de los datos y ε es el vector de términos del error aleatorio. El modelo de las regresiones lineales fue:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \dots + \beta_k X_{ki} + \varepsilon_i$$

Y_i es la i-ésima observación de las variables el número de individuos, de especies y de la diversidad de aves. $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ki}$ es el i-ésimo valor de las variables de estructura y composición de árboles y cercas vivas X_1, X_2, \dots, X_k llamadas también variables independientes o regresoras. β_1, \dots, β_k son los parámetros desconocidos que representan las tasas de cambio en Y frente al cambio unitario en X_1, X_2, \dots, X_k respectivamente. ε_i es el término de error aleatorio.

5 RESULTADOS

5.1 Caracterización de la composición, estructura y nivel de conectividad de las cercas vivas presentes en el paisaje fragmentado de Río Frío, Costa Rica

5.1.1 Descripción general de la vegetación de las cercas vivas

Las cercas vivas estuvieron conformadas por 49 especies de árboles correspondientes a 22 familias, en donde la familia Fabaceae fue la mejor representada con 15 especies, seguida por la familia Moraceae con 6 especies y la familia Apocynaceae con 3 especies. También se registraron otras 6 familias de árboles conformadas por 2 especies y 13 familias por una sola especie (Anexo 3). Del total de especies registradas, 46 se encontraron en cercas de madero negro, 20 en cercas de poró y 17 fueron comunes en ambos tipos de cercas vivas (madero negro y poró). Del total de especies arbóreas, 29 fueron registradas solo en cercas de madero negro, mientras que en cercas de poró se registraron 3 especies que no fueron registradas en cercas de madero negro.

La longitud total de las cercas vivas muestreadas fue de 9.56 km, con un rango entre 0.05 km y 1.2 km por cerca viva (promedio de 0.16 ± 0.02 km). El número total de árboles censados en las 62 cercas vivas fue de 6324, con una densidad promedio de árboles por cerca viva de $831.5 (\pm 141)$ árboles/km ó $83.2 (\pm 14.1)$ árboles/100 m de cerca. Los árboles presentaron en promedio una altura de 6.42 m (± 3.23), un tamaño de copa de 2.49 m (± 1.55) y un DAP promedio ≥ 1.3 m de altura de 16.1 cm (± 1.1) (Cuadro 8).

Cuadro 8. Características de la composición y estructura de las 62 cercas vivas evaluadas en Río Frío, Costa Rica (Los datos representan los promedios por cerca)

Variables	Cercas de madero negro					Cercas de poró					Promedio general
	BO*	RI	DC	IN	LI	BO	RI	DC	IN	LI	
Nº de cercas vivas (n=62)	6	6	6	7	6	6	7	6	6	6	6 ± 0.01
Longitud promedio (km)	0.12	0.15	0.19	0.13	0.37	0.11	0.11	0.11	0.16	0.13	0.16 ± 0.02
DAP promedio (cm)	14.7	16.4	17.1	13.4	6.1	15.7	24.6	16	14.3	21.92	16.1 ± 1.1
Copa promedio (m)	2.8851	2.35	1.6	3.9	2.0	2.4	2.1	2.9	2.1	2.4	2.5 ± 1.55
Altura promedio (m)	7.3741	5.9	5.2	9.3	6.2	6.3	5.1	7.3	5.2	5.9	6.4 ± 3.23
Nº de árboles / cerca viva	64.2	166.7	125.8	84.1	257.7	76.5	85.4	36.2	98.5	30.3	102.0 ± 14.5
Densidad (ind/km)	570	1477.8	641.7	679.5	2230.9	607.5	747.4	410.1	705.8	284.3	831.5 ± 141
Densidad arbórea /100 m de cerca viva	57	147.8	64.2	68	223.1	60.7	74.7	41.02	70.6	28.43	83.2 ± 14.11
Nº de especies arbóreas / cerca viva	2.8	3.33	5.7	3	6.7	2.7	1.4	1.33	4	1.33	3.2 ± 0.40
Shannon-H'	0.2	0.21	0.5	0.2	0.4	0.18	0.03	0.03	0.2	0.02	0.2 ± 0.03
Equitatividad-E'	0.3	0.17	0.3	0.6	0.5	0.47	0.62	0.86	0.4	0.85	0.5 ± 0.05

* Cercas conectadas a: bosque denso intervenido (BO), bosque ripario (RI), con doble conexión (DC), interconectadas (IN) y libres (LI).

La densidad y riqueza promedio de árboles registrados en cercas de madero negro fueron de $137.9 (\pm 26.1)$ árboles/cerca y $4.26 (\pm 0.67)$ especies/cerca respectivamente; mientras que en las cercas de poró el promedio fue de $66.03 (\pm 9.69)$ árboles/cerca y $2.13 (\pm 0.36)$ especies/cerca. El mayor número promedio de árboles/cerca se registró en las que estuvieron conectadas a bosques riparios (122.9 ± 27.8), seguidos por las cercas libres (144 ± 6.8), las cercas interconectadas (90.7 ± 16.7), las cercas conectadas a bosque denso (70.3 ± 15.3) y las cercas con doble conexión (81 ± 23.3). La mayor riqueza arbórea se registró en cercas libres, seguidas por las cercas con doble conexión, las interconectadas, las conectadas a bosque denso y las conectadas a bosque ripario.

Al desarrollar curvas de distribución del número de individuos y de especies de árboles presentes en las cercas vivas, se esperaría una línea horizontal porque las cercas vivas de Río Frío bajo estudio fueron plantadas inicialmente con madero negro, con poró o con ambas especies a la vez. Sin embargo, dentro de estas cercas también se encontraron algunos árboles remanentes de la vegetación nativa existente en la zona y que formaban parte de las cercas vivas, tales como cedro (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*) y roble sabana (*Tabebuia rosea*). En total se identificaron 49 especies, de las cuales más de la mitad podrían ser producto de regeneración natural y el resto de árboles remanentes de la vegetación original de la zona.

En la Figura 6 se observa las curvas de rango/abundancia de la vegetación registrada en las 62 cercas vivas (a), la cual presenta una distribución con pocas especies muy abundantes (8%) y muchas especies (92%) representadas por pocos individuos. Estas características fueron más evidentes en cercas de poró debido a que estuvieron conformadas por menos especies e individuos de árboles que las cercas de madero negro (b).

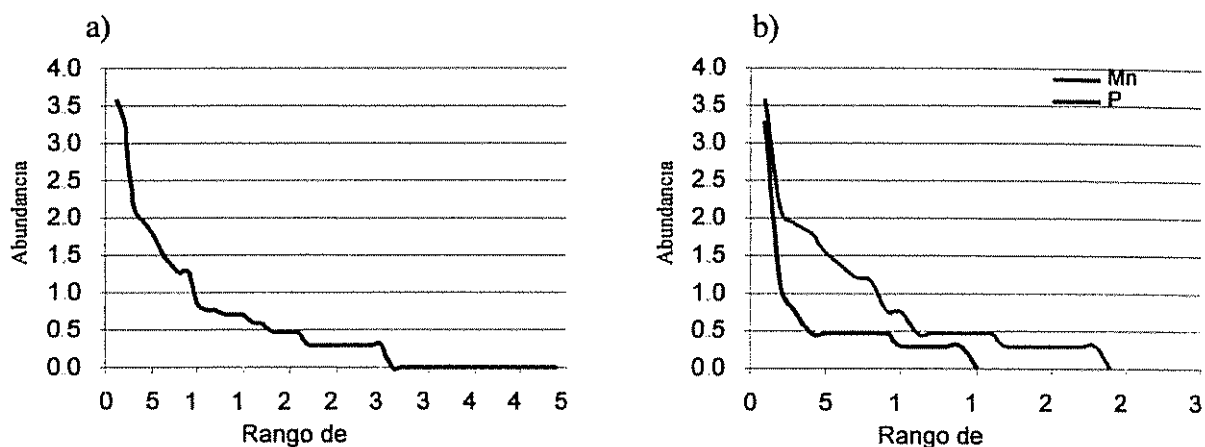


Figura 6. Distribución rango-abundancia de las especies arbóreas con base logarítmica (\log_{10}): a) de la población arbórea total presente en las 62 cercas vivas y b) entre cercas de madero negro y de poró en Río Frío, Costa Rica

De las 49 especies de árboles presentes en las cercas vivas, *Gliricidia sepium* y *Erythrina costaricensis* representaron el 92.5% del total de árboles presentes en las 62 cercas vivas, con 3856 y 1996 árboles respectivamente. Otras especies importantes en las cercas vivas (> 15 individuos) producto de regeneración natural o árboles remanentes de la vegetación original de la zona, fueron *Ficus goldmanii* con 133 árboles, *Cordia alliodora* con 91 árboles, *Miconia argentea* con 63 árboles, *Pentaclethra macroloba* con 39 árboles y *Ficus cotinifolia* con 24 árboles. Las restantes 42 especies de árboles representaron juntas el 1.3% del número total de individuos. Además, hubo 19 especies con un solo individuo cada una, nueve especies con dos individuos cada una y once especies con tres a cinco árboles por especie (Cuadro 9).

Cuadro 9. Especies de árboles más abundantes y frecuentes en las 62 cercas vivas evaluadas en Río Frío, Costa Rica

Familia	Especies	Nº de árboles	% total de árboles	Promedio de árboles (\pm EE) por cerca viva	Frecuencia de especie en 62 cercas vivas
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	3851	60.90	16.82 \pm 2.89	31
Fabaceae	<i>Erythrina costaricensis</i>	1996	31.56	12.61 \pm 2.06	31
Moraceae	<i>Ficus goldmanii</i>	133	2.10	0.29 \pm 0.17	29
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	91	1.44	0.16 \pm 0.08	43
Fabaceae	<i>Pentaclethra macroloba</i>	39	0.62	0.32 \pm 0.13	42
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	24	0.38	0.06 \pm 0.04	24
Melastomataceae	<i>Miconia argentea</i>	63	1.00	0.35 \pm 0.26	16

5.1.2 Riqueza de especies arbóreas presentes en las cercas vivas

Por la forma de las asíntotas de las curvas de acumulación de especies de los árboles inventariados tanto en cercas de madero negro como en cercas de poró (Figura 7a y b) con distintos niveles de conectividad (Figura 8a,b y c), se registró la mayoría de las especies arbóreas presentes en las cercas vivas (Figura 7a). También se observó que las cercas de madero negro presentaron más especies arbóreas que las cercas de poró (Figura 7b).

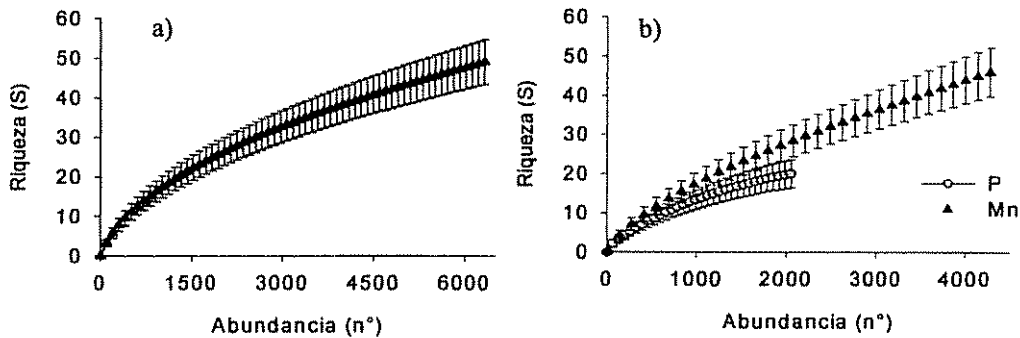


Figura 7. Curvas de acumulación de especies arbóreas presentes: (a) en 9.65 km de cercas vivas y (b) entre cercas de madero negro (Mn) y cercas de poró (P) en Río Frio, Costa Rica

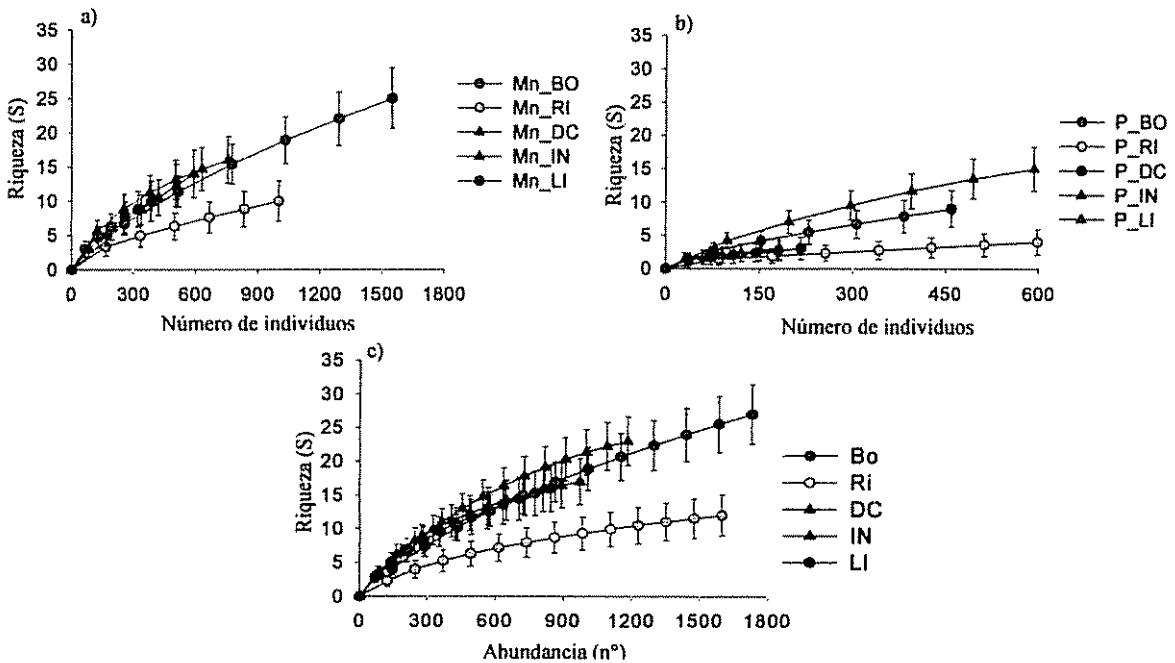


Figura 8. Curvas de acumulación de especies de árboles presentes en las cercas vivas de acuerdo al nivel de conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres) en: a) cercas de madero negro, b) cercas de poró y b) cercas de madero negro y de poró en conjunto en Río Frio, Costa Rica

5.1.3 Densidad, riqueza, diversidad y equitatividad de árboles presentes en cercas vivas

Al comparar el número de individuos y de especies arbóreas presentes en las cercas vivas con diversos estimadores, se observó que Bootstrap, Chao1 y ACE fueron los modelos que

presentaron mejor ajuste, en particular Bootstrap ($R^2=0.98$, $p=0.0001$), el cual presentó menor error estándar (Figura 9).

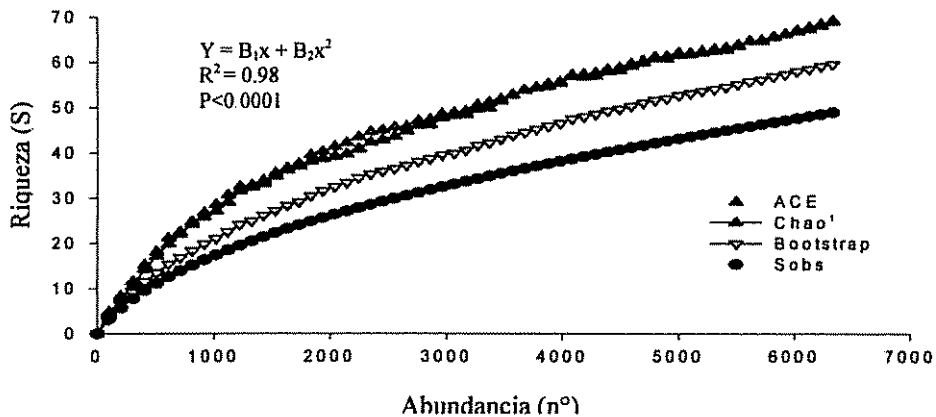


Figura 9. Curvas de acumulación de especies de árboles observados (Sobs) y estimados (ACE, Chao1 y Bootstrap) en las cercas vivas ($n=62$) de Río Frío, Costa Rica

De acuerdo a estos estimadores, con el muestreo realizado se alcanzó un inventario del 82% (Bootstrap), 70.9% (Chao1) y el 70.6% (ACE) de las especies arbóreas presentes en las cercas vivas evaluadas. Al comparar el número de especies de árboles registrados en los 10 tratamientos (dos especies de cercas vivas y cinco niveles de conectividad), se observó que en seis tratamientos se registraron entre el 80-84% de las especies esperadas y en los restantes cuatro tratamientos entre el 77-79% (Cuadro 10).

Por medio de ANOVAS se observó diferencias en los promedios de densidad, riqueza, diversidad y equitatividad arbórea entre cercas de madero negro y poró (Cuadro 11). Por ejemplo, la densidad y diversidad de árboles fue mayor en cercas de madero negro que en cercas de poró (ANOVAS: $F_{1,52}=4.58$, $p=0.0371$ y $F_{1,52}=13.89$, $p=0.0005$ respectivamente), la equitatividad arbórea fue mayor en cercas de poró que en cercas de madero negro ($F_{1,52}=7.92$, $p=0.0069$), mientras que la riqueza arbórea presentó efecto de interacción de los factores tipo de cerca viva y nivel de conectividad (ANOVA: $F_{4,52}=2.68$, $p=0.0417$), mientras que los promedios entre los 10 tratamientos bajo comparación no mostraron diferencias estadísticas significativas entre sí (Cuadro 12).

Cuadro 10. Número de especies de árboles observados (Sobs) y estimados (ACE, Chao1 y Bootstrap) por cada tipo de cerca viva en Río Frío, Costa Rica. Los datos son promedios \pm error estándar

Tipo de cerca	Especies observadas (Sobs)	Especies estimadas			% de especies registradas		
		Bootstrap	ACE	Chao1	Bootstrap	ACE	Chao1
Mn_BO	10 \pm 0.9	12.5 \pm 0.5	21.6 \pm 0.9	25.0 \pm 2.7	80.3	46.4	40
Mn_RI	10 \pm 0.9	12.4 \pm 0.3	19.4 \pm 0.7	22.5 \pm 3.6	80.4	51.4	44.4
Mn_DC	16 \pm 0.9	18.9 \pm 0.3	22.2 \pm 0.7	22.0 \pm 1.4	84.2	72.1	72.7
Mn_IN	14 \pm 0.9	18.2 \pm 0.7	20.3 \pm 0.9	18.5 \pm 1.1	77.1	69	75.7
Mn_LI	25 \pm 0.9	31.3 \pm 0.9	39.3 \pm 0.4	39.4 \pm 1.8	79.9	63.7	63.4
P_BO	9.0 \pm 0.9	11.4 \pm 0.7	13.7 \pm 0.9	11.7 \pm 1.0	79.2	65.8	77.1
P_RI	4.0 \pm 1.0	5.0 \pm 0.3	7.0 \pm 0.5	7.0 \pm 1.6	79.7	57.1	57.1
P_DC	3.0 \pm 1.0	3.7 \pm 0.6	4.0 \pm 0.6	4.0 \pm 1.1	81.7	75	75
P_IN	15.0 \pm 0.9	18.5 \pm 0.4	19.5 \pm 0.3	19.5 \pm 1.1	81.3	77.1	76.9
P_LI	3.0 \pm 1.0	3.7 \pm 0.5	4.0 \pm 0.5	4.0 \pm 1.1	81.7	75	75

Mn=madero negro, P=poró; BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres Letras distintas en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$; prueba de Duncan)

Cuadro 11. Estimación de la densidad, riqueza, diversidad y equitatividad arbórea entre cercas vivas de madero negro y poró en Río Frío, Costa Rica (Letras distintas en la misma fila muestran diferencias significativas ($p < 0.05$; prueba de Duncan))

Variables	Madero	Poró	P<0.05
Densidad	1105.7 \pm 265.7 a	557.3 \pm 71.7 b	0.0411
Riqueza	4.3 \pm 0.67 a	2.1 \pm 0.36 b	0.0421
H'	0.3 \pm 0.06 a	0.09 \pm 0.03 b	0.0005
E'	0.4 \pm 0.06 b	0.6 \pm 0.07 a	0.0069

(Letras distintas en la misma fila muestran diferencias significativas ($p < 0.05$; prueba de Duncan))

Cuadro 12. Promedio de la densidad, riqueza e índices de diversidad-H' de Shannon y equitatividad-E' de árboles presentes en las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica

Tipo de cerca	Densidad de árboles por km	Nº de especies de árboles	Diversidad (H')	Equitatividad (E')
Mn_BO	570.00 b	2.83 bc	0.22 bc	0.35 b
Mn_RI	1477.78 ab	3.33 abc	0.21 bc	0.17 b
Mn_DC	641.72 b	5.67 bc	0.55 a	0.33 b
Mn_IN	679.54 b	3.00 bc	0.21 bc	0.58 ab
Mn_LI	2230.87 a	6.67 a	0.37 ab	0.49 ab
P_BO	607.5 b	2.67 bc	0.18 bc	0.47 ab
P_RI	747.39 b	1.43 c	0.03 c	0.62 ab
P_DC	410.02 b	1.33 c	0.03 c	0.86 a
P_IN	705.77 b	4.00 abc	0.19 bc	0.44 ab
P_LI	284.33 b	1.33 c	0.02 c	0.85 a
Total	831.55 \pm 140.93	3.19 \pm 0.40	0.20 \pm 0.03	0.52 \pm 0.05

Tipo de cerca viva (Mn = madero negro, p = poró), conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas, LI=libres), Letras distintas en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$; prueba de Duncan)

5.1.4 Caracterización de la estructura de las cercas vivas

a) Longitud

En Río Frío se evaluó en total 9.65 km de cercas vivas y no se encontraron diferencias en longitud entre cercas de madero negro y cercas de poró, dado que las fincas de la región por lo general son muy pequeñas y con prácticas de ganadería intensiva. Las cercas vivas en promedio presentaron una longitud entre 0.16 ± 0.02 km, con variaciones entre 0.05 a 1.20 km, donde las cercas de madero negro presentaron en promedio 0.19 km (± 0.04 km) y las cercas de poró 0.12 km (± 0.01 km) (Cuadro 13).

Cuadro 13. Longitud promedio de las 62 cercas vivas de madero negro y poró con distintos niveles de conectividad evaluadas en Río Frío, Costa Rica

Tipo de cerca	Nº de cercas vivas	Longitud promedio (km)	Longitud mínima (km)	Longitud máxima (km)	Longitud total (km)
Mn_BO	6	0.12 b	0.05	0.15	0.70
Mn_DC	6	0.19 b	0.10	0.25	1.15
Mn_IN	7	0.13 b	0.10	0.15	0.90
Mn_LI	6	0.37 a	0.10	1.20	2.20
Mn_RI	6	0.15 b	0.05	0.30	0.90
P_BO	6	0.11 b	0.05	0.20	0.65
P_DC	6	0.11 b	0.05	0.15	0.65
P_IN	6	0.16 b	0.10	0.25	0.95
P_LI	6	0.13 b	0.10	0.25	0.75
P_RI	7	0.11 b	0.05	0.20	0.80
Total	62	0.16 ± 0.02	0.05	1.20	9.65

Mn=madero negro, P=poró; BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres. Letras distintas en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$; prueba de Duncan)

b) Diámetro (DAP) promedio de los árboles presentes en las cercas vivas

Los diámetros variaron según la especie y el manejo desarrollado en las cercas vivas, donde los árboles de madero negro y poró con DAP <10 cm los cuales correspondían a ramas recién plantadas y algunos arbustos de regeneración natural de otras especies arbóreas. También se encontraron árboles con DAP > 10 cm que correspondían generalmente a árboles de madero negro viejos o de árboles maderables remanentes como el cedro amargo (*Cedrela odorata*), laurel (*Cordia alliodora*) e higuerón (*Ficus goldmanii*). Otros árboles como el gavilán (*Pentaclethra macroleoba*) alcanzaron diámetros hasta de 2,5 m.

Del total de árboles inventariados ($n=6324$) el 54.5% presentó diámetros >10 cm y un 45.5% diámetros <10 cm (Cuadro 14). El diámetro promedio de los árboles presentes en las cercas

vivas fue de 16.12 cm (± 1.13), observándose diferencias diamétricas entre las cercas de madero negro y las de poró (ANOVA: $F_{1,52}=5.74$, $p=0.0202$), siendo en promedio las cercas de poró más gruesas (18.7 ± 1.60 cm) que las de madero negro (13.56 ± 1.48 cm).

Cuadro 14. Diámetros (DAP) y porcentajes promedios de árboles presentes en las cercas vivas con $DAP \geq 10$ cm y $DAP < 10$ cm en Río Frío, Costa Rica

Tipo de cerca	DAP promedio	% de árboles con DAP >10 cm	% de árboles con DAP <10 cm
Mn_BO	14.69 abc	3.84	2.26
Mn_RI	16.38 abc	6.28	9.54
Mn_DC	17.15 ab	7.12	4.82
Mn_IN	13.39 bc	2.28	7.04
Mn_LI	6.13 c	19.48	4.97
P_BO	15.70 abc	3.87	3.38
P_RI	24.61a	3.02	6.44
P_DC	16.00 abc	1.71	1.72
P_IN	14.3 abc	4.43	4.93
P_LI	21.92 ab	2.47	0.41
Total	16.10 \pm 1.10	54.49	45.51

Mn=madero negro, P=poró; BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres. Letras distintas en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$; prueba de Duncan)

El 45.5% de los árboles ($n=2878$) presentó diámetros entre 2-9.9 cm, de los cuales un 13.2% de los individuos ($n=832$) presentaron diámetros < 5 cm. El 54.5 % de los árboles ($n=3446$) presentó diámetros > 10 cm de DAP, en donde el 38.5 % de los individuos presentó diámetros entre 10-19.9 cm, el 9.9 % entre 20-29.9 cm, el 4.4 % entre 30-39.9 y el 1.7 % presentó diámetros > 40 cm de DAP (Figura 10).

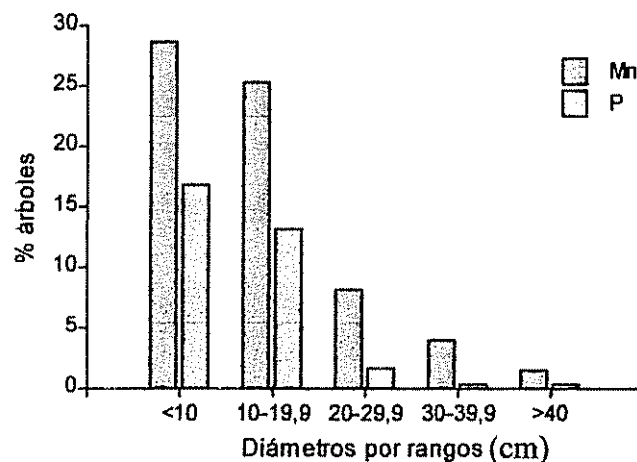


Figura 10. Distribución del diámetro de todos los árboles presentes en las cercas vivas de madero negro ($n=3858$) y de poró ($n=1992$) en Río Frío, Costa Rica

Se registraron 22 especies de árboles con diámetros promedios mayores a 20 cm, siendo *Enterolobium cyclocarpum* (promedio=54cm), *Brosimum lactescens* (promedio=35cm), *Cordia alliodora* (promedio=34cm), *Cedrela odorata* (promedio=32cm) y *Dipteryx panamensis* (promedio=31cm) las especies con los diámetros mayores entre todas las especies (Cuadro 15).

Cuadro 15. Especies de árboles con diámetro > 20cm y la frecuencia en las que se presentan en las 62 cercas vivas de Río Frío, Costa Rica

Familia	Género y especie	Nº	Promedios DAP (cm)	nº cercas vivas (n=62) en la cual están presentes los árboles
Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	1	54.00	1
Moraceae	<i>Brosimum lactescens</i>	1	35.00	1
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	91	33.99	17
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	4	32.05	3
Fabaceae	<i>Dipteryx panamensis</i>	1	31.00	1
Meliaceae	<i>Guarea rhopalocarpa</i>	1	29.60	1
Bombacaceae	<i>Pseudobombax septenatum</i>	1	29.00	1
Fabaceae	<i>Pentaclethra macroloba</i>	39	26.08	16
Fabaceae	<i>Bahuinia sp.</i>	2	25.70	1
Moraceae	<i>Ficus goldmanii</i>	133	24.96	11

c) Radio de copa, altura y poda de árboles en las cercas vivas

Las copas de las cercas vivas presentaron tamaños variables, desde copas recién podadas (<20 cm de radio) hasta copas muy grandes (>5 m de radio). El tamaño promedio del radio de copa de los árboles fue de 2.49 m (± 0.15) y no se encontraron diferencia entre cercas de madero negro y cercas de poró, pero si se presentó un efecto de interacción entre los factores (ANOVA: $F_{4,52}=3.48$, $p=0.0136$). De acuerdo a los promedios de los radios de copas encontrados en los distintos tratamientos, se pudo observar que las cercas de madero negro interconectadas y las cercas conectadas a bosque denso intervenido, así como las cercas de poró con doble conexión, presentaron los mayores radios de copas (Cuadro 16).

Al categorizar las copas de los árboles de las cercas vivas por rangos, se observó que un 17 % de los árboles tenían copas < 1 m, seguidas por un 16 % de los árboles con copas entre 1-1.99 m, un 25% con copas entre 2-2.99, un 18% con copas entre 3-3.99 m y un 24 % con copas > 4 m. El mayor porcentaje de árboles con copas <1 m y >4 m se encontró en cercas con madero negro (12 % y 20.5 %, respectivamente) (Figura 11).

Cuadro 16. Tamaño promedio del radio de copa de los árboles presentes en los diferentes tipos de cercas vivas en Río Frío, Costa Rica

Tipo de cerca	Radio de copa promedio (m)	Radio de copa mínimo (m)	Radio de copa máximo (m)
Mn_BO	2.89 ab	0.00	5.94
Mn_DC	1.56 b	0.88	5.04
Mn_IN	3.91 a	0.00	2.45
Mn_LI	2.03 b	1.70	5.73
Mn_RI	2.55 b	0.94	3.21
P_BO	2.41 b	0.88	3.87
P_DC	2.99 ab	1.25	3.07
P_IN	2.11 b	2.21	3.56
P_LI	2.41 b	1.05	3.21
P_RI	2.10 b	2.07	2.75
Total	2.49 ± 0.15		

Mn=madero negro, P=poró; Conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas, LI=libres); Letras distintas en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$; prueba de Duncan)

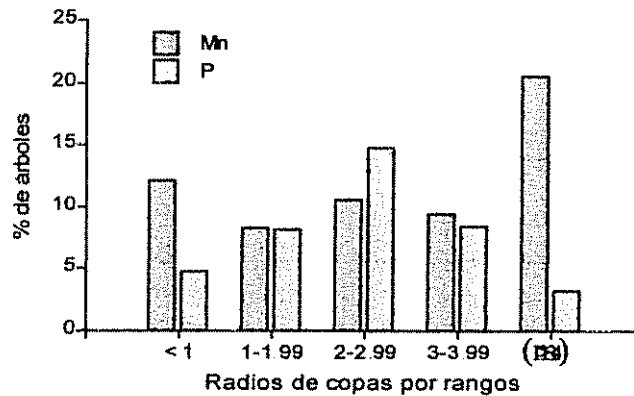


Figura 11. Distribución porcentual por rangos de los radios de copas (m) de los árboles presentes en las cercas vivas de madero negro ($n=5858$) y de poró ($n=1992$) de Río Frío, Costa Rica

La altura de los árboles estuvo condicionada por las prácticas de manejo que aplicaban a las cercas vivas. Se encontraron árboles con alturas < 2 m conformados por árboles recién plantados o podados y árboles con alturas > 17 m en cercas vivas que no fueron sometidas a ninguna poda desde su establecimiento. La altura promedio de todos los árboles presentes en las cercas vivas fue de 6.4 m (± 0.32) y no se encontraron diferencias estadísticas entre cercas de madero negro y de poró; sin embargo se encontró efecto de interacción entre los factores (ANOVA: $F_{4,52}=2.86$, $p=0.0325$). Este efecto fue más evidente en cercas de madero negro interconectadas y en cercas de poró con doble conexión, las cuales presentaron mayor promedio de altura que las demás cercas vivas. La altura promedio de los árboles en cercas

vivas de madero negro fue de 6.89 m (± 0.59), mientras que en las cercas de poró fue de 5.95 m (± 0.25) (Cuadro 17).

Cuadro 17. Altura promedio, mínimo y máximo de los árboles presentes en las cercas vivas de madero negro y poró con sus distintos niveles de conectividad en Río Frio, Costa Rica

Tipo de cerca	Altura promedio (\pm EE) m	Altura mínima (m)	Altura máxima (m)
Mn_BO	7.36 ab	2.26	15.10
Mn_DC	5.18 b	3.36	11.89
Mn_IN	9.34 a	1.90	7.37
Mn_LI	6.19 b	5.77	14.68
Mn_RI	5.98 b	3.98	9.35
P_BO	6.32 b	4.12	8.60
P_DC	7.35 ab	4.36	6.52
P_IN	5.20 b	5.64	9.43
P_LI	5.87 b	4.11	7.20
P_RI	5.15 b	5.18	7.17
Total	6.43 \pm 0.32		

Mn=madero negro, P=poró; Conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas, LI=libres) Letras distintas en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$; prueba de Duncan)

El 38% de los árboles presentaron alturas entre 5-7.99 m, seguidas por el 27.5% de los árboles con alturas entre 2-4.99 m, un 15% de los árboles con alturas entre 8-10.99 m, un 16% de los árboles con altura > 11 m y un 3% de los árboles con alturas < 2 m. (Figura 12). Madero negro presentó mayor porcentaje de individuos con alturas < 2 m y > 8 m, mientras que en cercas de poró se presentó el mayor porcentaje de árboles con alturas intermedias (Figura 12).

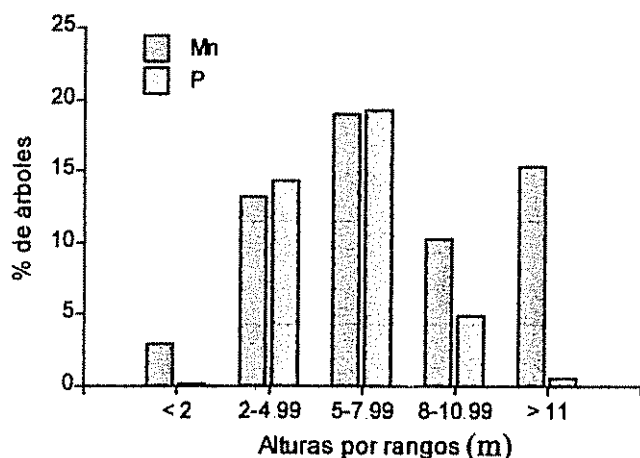


Figura 12. Distribución porcentual por rangos de la altura de todos los árboles presentes en las cercas vivas de madero negro ($n=3858$) y de poró ($n=1992$) en Frio Río, Costa Rica

En el 50% de las 62 cercas vivas la actividad de poda se desarrolló en el periodo de trabajo de campo. De los 6324 árboles inventariados únicamente fueron podados 390 individuos (6.2%), de los cuales, 176 individuos (2.8%) estaban en cercas de madero negro y 218 individuos (3.4%) en cercas de poró.

5.2 Caracterización de la abundancia, riqueza y composición de aves que frecuentan las cercas vivas

5.2.1 Descripción general de la fauna aviar en cercas vivas

En 193 puntos fijos de observación de aves distribuidos en las 62 cercas vivas, se emplearon en total 193 horas de muestreo, tiempo en el cual se observaron 3497 aves correspondientes a 123 especies distribuidas en 35 familias (Anexo 4). Del total de aves, 13 especies se encuentran categorizadas como especies con bajas poblaciones y en peligro de extinción según la UICN, y nueve especies están en lista en la categoría II del CITES, de acuerdo a la lista de fauna de importancia para la conservación en Centroamérica y México (UICN 1999, Cuadro 18).

Cuadro 18. Aves con categorías de conservación (EN) en peligro y en el CITES II presentes en las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica

Familias	Especies	Individuos totales			Estatus de conservación	
		Mn (n=61)	P (n=14)	Total	UICN ⁷	CITES ⁸
Alcedinidae	<i>Chloroceryle inda</i>	1	0	1	EC	-
Ardeidae	<i>Ixobrychus exilis</i>	2	0	2	EC	-
Bucconidae	<i>Notharchus tectus</i>	1	0	1	EC	-
Cathartidae	<i>Sarcoramphus papa</i>	0	1	1	EC	II
Falconidae	<i>Falco rufigularis</i>	1	0	1	EC	II
Psittacidae	<i>Amazona autumnalis</i>	6	3	9	EC	II
	<i>Amazona farinosa</i>	18	2	20	EC	II
	<i>Aratinga finschi</i>	2	2	4	EC	II
	<i>Aratinga nana</i>	6	0	6	EC	II
	<i>Brotogeris jugularis</i>	15	3	18	EC	II
	<i>Pionopsitta haematotis</i>	2	0	2	EC	II
	<i>Pionus senilis</i>	2	1	3	EC	II
Threskiornithidae	<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	3	2	5	EC	-

7 UICN. Las Unión Internacional para la Conservación de Naturaleza ha establecido categorías de estatus de conservación de la vida silvestre y define la categoría de baja población y en estado crítico (EC) para aquellas especies que enfrentan riesgo muy alto en estado silvestre en un futuro inmediato por su población reducida y el número de individuos por área.

8 CITES. El apéndice II del Convenio Sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna silvestre considera el principio precautorio para especies en riesgo en un futuro inmediato por el comercio o por falta de reglamentación.

De acuerdo a la forma de las curvas de distribución de rango-abundancia se puede considerar a la población aviar de la zona como diversa y compleja, con pocas especies abundantes y frecuentes, tanto a nivel general (Figura 13a) como entre tipos de cercas vivas (Figura 13b). Comparando la población aviar con el tipo de cerca (madero negro y poró), se pudo observar (Figura 13), que si bien ambas siguen un mismo patrón de distribución, las cercas de madero negro presentan una mayor abundancia y riqueza aviar que las cercas de poró.

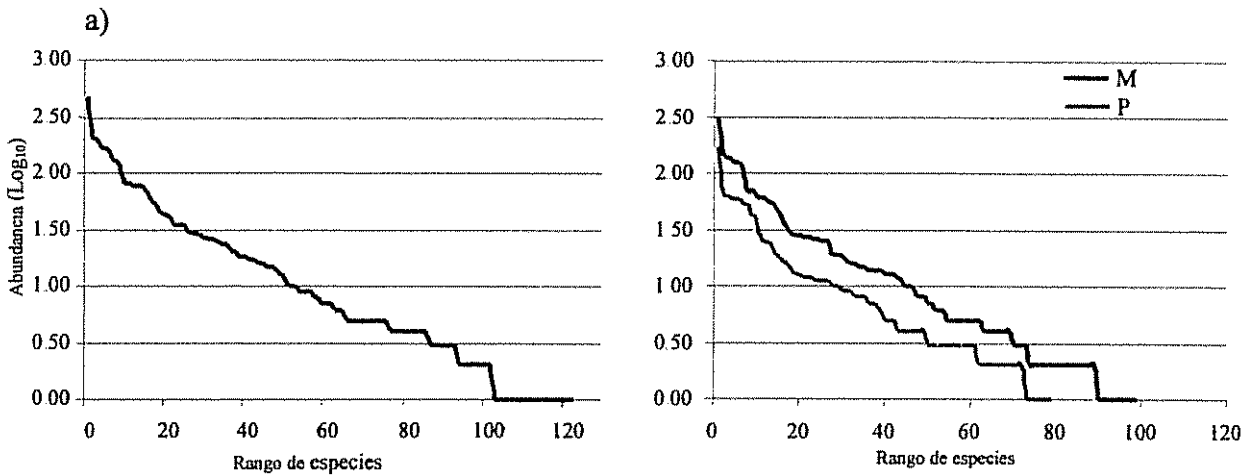


Figura 13. Distribución rango-abundancia (\log_{10}) de aves en las cercas vivas de madero negro y poró (a y b) en Río Frío, Costa Rica

Las 10 especies de aves más abundantes, comunes y frecuentes en todo el paisaje de Río Frío, representaron el 53% del número total de individuos ($n=3497$, Cuadro 19). Estas especies están representadas por *Sporophila americana* (82 individuos), *Thraupis episcopus* (208 individuos), *Tangara larvata* (203 individuos), *Ramphocelus passerinii* (184 individuos), *Oryzoborus funereus* (164 individuos), *Troglodytes aedon* (159 individuos), *Turdus grayi* (135 individuos), *Todirostrum cinereum* (129 individuos), *Crotophaga sulcirostris* y *Volatinia jacarina* (117 y 81 individuos), respectivamente.

Cuadro 19. Número de individuos y frecuencia de las 10 especies de aves más comunes (en orden de abundancia) en las cercas vivas (n=62) y los 193 puntos de radio fijo de observación en Río Frío, Costa Rica.

Familia	Especies	Abundancia	% total	Frecuencia de cercas vivas (n=62)	Frecuencia por puntos de observación (n=193)
Emberizidae	<i>Sporóphila americana</i>	482	13.78	56	134
Thraupidae	<i>Tangara larvata</i>	203	5.80	41	72
Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	208	5.94	37	81
Thraupidae	<i>Ramphocelus passerinii</i>	184	5.26	31	69
Emberizidae	<i>Oryzoborus funereus</i>	164	4.69	34	67
Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	159	4.54	39	75
Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	135	3.86	27	55
Tyrannidae	<i>Todirostrum cinereum</i>	129	3.68	37	77
Trochilidae	<i>Amazilia tzacatl</i>	81	2.31	22	49
Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	72	2.05	23	45
Total		1817	53		

5.2.2 Índice de similaridad de especies

Si observamos el dendrograma generado con distancias obtenidas a partir del índice de Bray Curtis con base en la composición de especies e individuos de aves registradas, se puede observar que las aves que frecuentaron las distintas cercas vivas de Río Frío son muy similares. Se formaron tres diferentes grupos de cercas vivas con porcentajes de similaridad aviar (Figura 14). También se pudo observar que estas cercas vivas presentaron algunas características estructurales muy similares, que pudieron haber influido en la formación de los grupos de similaridad.

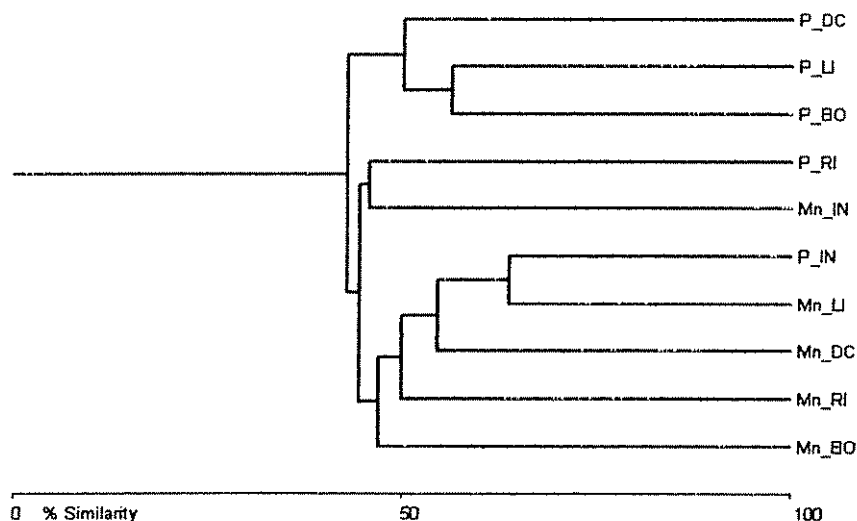


Figura 14. Dendrograma de similaridad (%) de aves de Bray Curtis con base en la composición y la abundancia de aves registradas en los distintos tratamientos (cercas de madero negro y de poró conectadas a BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres) en Río Frío, Costa Rica

El primer grupo está conformado por cercas de poró conectadas a bosque denso, con doble conexión y las cercas libres, las que fueron frecuentadas por un 11% de las especies y un 10% de los individuos, siendo las especies más abundantes ($n > 30$ individuos) *Crotophaga sulcirostris*, *Ramphocelus passerinii*, *Sporophila americana*, *Tangara larvata* y *Thraupis episcopus*. El segundo grupo de cercas estuvo conformada por cercas de madero negro interconectadas y cercas de poró conectadas a bosques riparios, en las que se observaron un 19% de las especies y un 12% de los individuos, donde tres especies presentaron más de 30 individuos (*Sporophila americana*, *Volatinia jacarina* y *Turdus grayi*). El tercer grupo de cercas vivas las conformaron las cercas de madero negro conectadas a bosques densos, bosques riparios, con doble conexión y las cercas libres, así como también las cercas de poró interconectadas, las cuales fueron visitadas por un 16% de las especies de aves y un 48% de los individuos, observándose solo a una de las especies (*Columba flavirostris*) con menos de 30 individuos.

El porcentaje de similitud aviar presente en las cercas vivas con sus respectivos niveles de conectividad fue entre el 42.88% y el 63.72% y sugiere que aproximadamente un 53% de las aves registradas son similares entre sí. Las cercas vivas con mayor porcentaje de similitud aviar fueron las cercas libres de madero negro con las cercas interconectadas de poró, mientras que las cercas con el porcentaje de similitud más bajo fueron las cercas vivas conectadas a bosque denso de madero negro y de poró (Cuadro 20).

Cuadro 20. Matriz del índice de similitud (%) de Bray-Curtis entre los distintos tratamientos con base a la composición y la abundancia de las especies de aves registradas en Río Frío, Costa Rica

Unión 1	Unión 2	Distancia Euclidianas	% Similaridad
Mn LI	P IN	36.28	63.72
P BO	P LI	43.67	56.32
Mn DC	Mn LI	45.34	54.66
P BO	P DC	49.73	50.26
Mn RI	Mn DC	49.92	50.08
Mn BO	Mn RI	53.06	46.94
Mn IN	P RI	54.25	45.75
Mn BO	Mn IN	55.43	44.57
Mn BO	P BO	57.12	42.88

5.2.3 Curvas de acumulación de especies de aves en cercas vivas

Las curvas de acumulación de especies de aves no mostraron una tendencia clara a estabilizarse, lo que significa que aun quedaron algunas especies por registrar al ampliar el tiempo de muestreo (Figura 15). Los gráficos comparativos de los dos tipos de cercas vivas muestran que las cercas de poró acumularon especies más rápidamente que las cercas de madero negro (Figura 15), desconociéndose en el presente estudio los factores que influyeron para que se presente dicho efecto. Sin embargo, se puede especular que las prácticas de manejo que desarrollan los finqueros en las cercas vivas de poró (manejo en el número de árboles por cerca viva, poda frecuente, escasez de sotobosque, presencia de pastizales, uso pastura mejoradas en los potreros) y las actividades agropecuarias que desarrollan (presencia y cantidad de ganado vacuno y caballar y rotación de los animales en los potreros), puedan estar influyendo a que se presente dicho efecto.

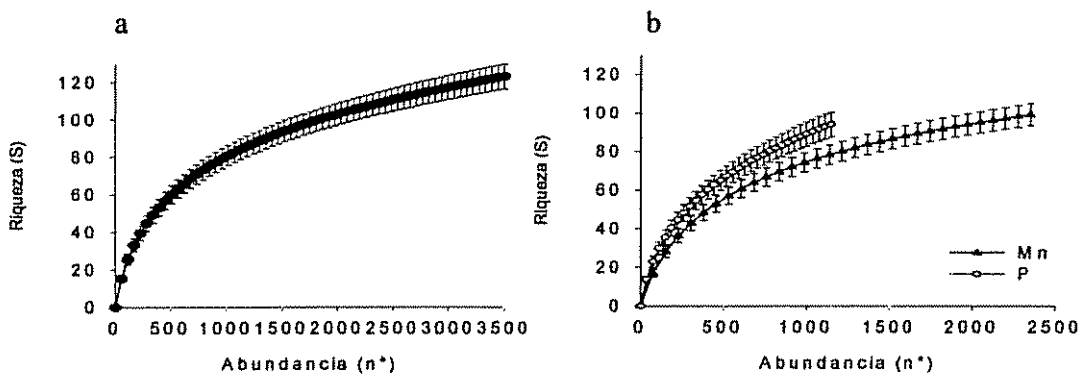


Figura 15. Curvas de acumulación de especies (\pm EE) de aves en: a) general y b) mostrando las diferencias del número de individuos y de especies entre cercas de madero negro (Mn) y cercas de poró (P) en Río Frío, Costa Rica

De igual forma se elaboraron curvas de acumulación de especies de aves por nivel de conectividad de las cercas vivas, observándose que ninguna muestra una clara tendencia a estabilizarse. Las cercas libres de madero negro y las cercas interconectadas de poró fueron las que presentaron más individuos y especies que los demás cercas vivas (Figura 16).

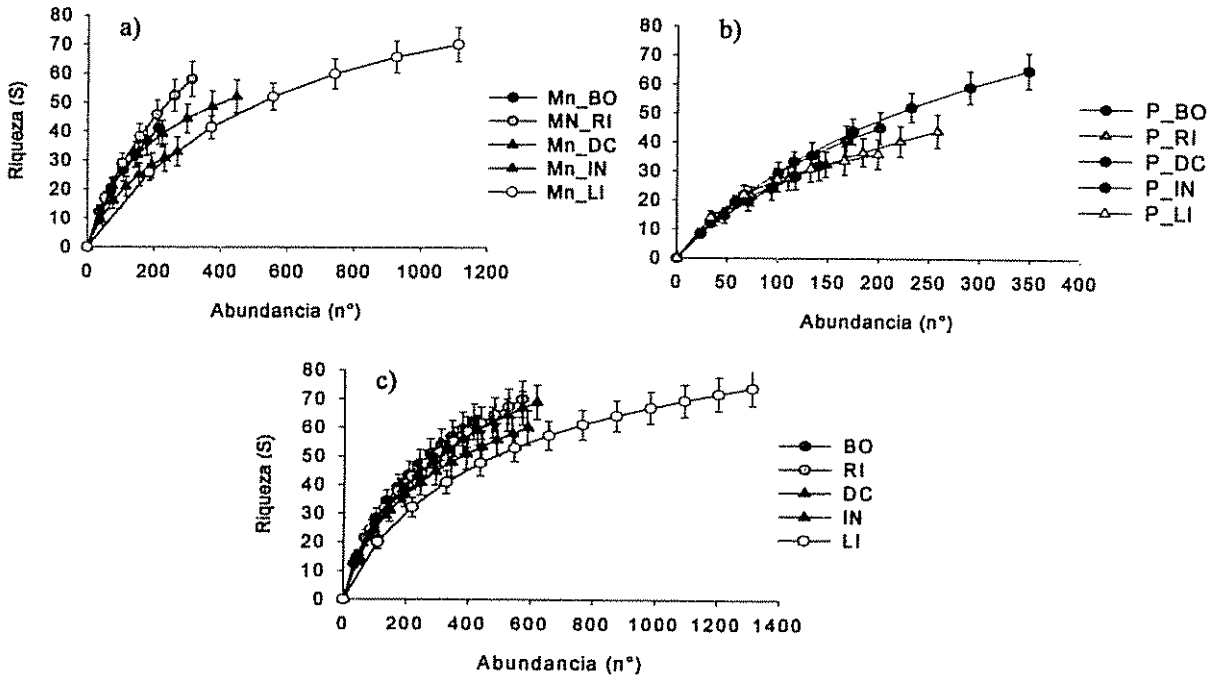


Figura 16. Curvas de acumulación de especies de aves presentes en: a) cercas de madero negro, b) cercas de poró, y c) general de acuerdo a los niveles de conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres) en Río Frío, Costa Rica

5.2.4 Abundancia, riqueza, diversidad y equitatividad de aves en cercas vivas

Se compararon los datos observados (Sobs) con los estimados de Bootstrap, Chao1 de primer grado (Chao1) y ACE para conocer el alcance que se logró con el muestreo desarrollado. Estos estimadores fueron los modelos que mejor ajuste presentaron ($R^2=0.95$, $p=0.0001$) porque sus curvas mostraron desde el principio un comportamiento casi horizontal; y según Chazdon *et al.* (1998) estos criterios son importantes a la hora de seleccionar los estimadores (Figura 17).

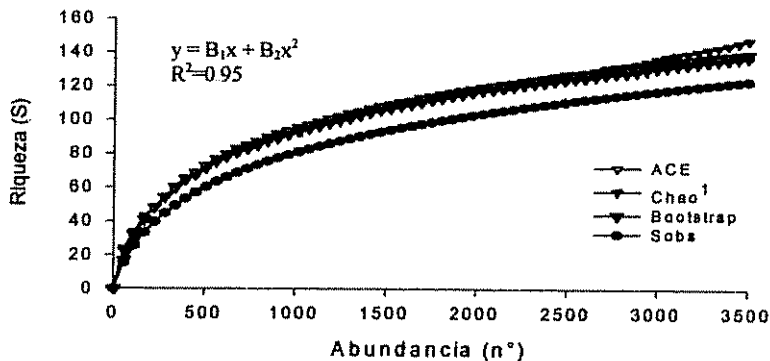


Figura 17. Curvas de acumulación de especies de aves observadas (Sobs⁹) comparada con las esperadas con diferentes métodos (Bootstrap, ACE y Chao1) en Río Frío, Costa Rica

⁹ Sobs es la abundancia observada de aves, obtenidas con el programa EstimateS7.5.

Al comparar los datos observados con los esperados se registró el 87.2% de las especies de aves que frecuentaron las 62 cercas vivas. Según el estimador ACE se registró el 90% de la población total, mientras que Bootstrap el 88.2% y Chao1 el 83.4% de las aves (Cuadro 21). Las cercas vivas con mayor porcentaje de las aves registradas (94%) fueron las cercas de madero negro con doble conexión, interconectadas y libres, seguidas por las cercas con menos porcentaje (78-85%) como las cercas conectadas a bosque ripario de madero negro y las con doble conexión de poró.

Cuadro 21. Aves observadas (Sobs) y comparadas con los datos estimados (ACE, Chao 1 y Bootstrap) en las cercas vivas (n=62) en Río Frío, Costa Rica

Tipo de cerca	N° spp observadas	N° Spp estimadas			%		
		Bootstrap	ACE	Chao1	Bootstrap	ACE	Chao1
Mn BO	41 (0.9)	50.30 (0.3)	48.00 (0.3)	46.00 (0.6)	81.50	85.40	89.10
Mn RI	58 (0.8)	70.60 (0.3)	84.90 (0.4)	92.60 (2.1)	82.20	68.30	62.70
Mn DC	52 (0.8)	60.00 (0.2)	55.20 (0.2)	57.30 (0.6)	86.60	94.20	90.70
Mn IN	33 (0.9)	39.10 (0.4)	35.10 (0.4)	34.80 (0.4)	84.30	94.00	94.9
Mn LI	70 (0.7)	80.90 (0.5)	73.70 (0.6)	74.10 (0.4)	86.50	94.90	94.5
P Bo	45 (0.8)	54.80 (0.6)	55.70 (0.9)	59.00 (1.3)	82.10	80.80	76.30
P RI	44 (0.9)	53.10 (0.3)	48.70 (0.3)	48.50 (0.6)	82.80	90.30	90.70
P DC	32 (0.9)	40.10 (0.4)	40.60 (0.8)	39.10 (0.9)	79.90	78.80	81.80
P IN	65 (0.8)	78.30 (0.6)	77.50 (0.8)	81.40 (1.1)	83.00	83.90	79.80
P LI	36 (0.6)	41.50 (0.2)	41.50 (0.3)	41.10 (0.)	86.90	86.80	87.70

Mn=madero negro, P=poró; Conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas, LI=libres); datos entre paréntesis son el Error Estándar (EE).

El promedio de aves registradas por cerca viva fue de 17 (± 0.83) individuos, con un mínimo de 5 y un máximo de 39 individuos; mientras que el número promedio de especies fue de 10 (± 0.76) con un mínimo de 3 y un máximo de 39 especies por cerca. Por punto de observación (n=193), el promedio de aves observadas fue de 18 individuos (± 0.59) con un mínimo de 2 y un máximo de 39 individuos y el promedio de especies fue de 8 (± 0.26) con un mínimo de uno y un máximo de 18 especies por punto de observación.

En cercas de madero negro se registraron 2350 aves (99 especies) con un promedio de 18 individuos (± 1.07) por cerca viva, mientras que en cercas de poró se registraron 1147 aves (94 especies) con un promedio de 16 individuos (± 1.26) por cerca viva. De las 3497 aves identificadas (123 especies), 128 individuos (30 especies) se encontraron solamente en cercas de madero negro, 65 individuos (23 especies) en cercas de poró y 3304 individuos (70 especies) frecuentaron ambos tipos de cercas vivas (Cuadro 22).

Cuadro 22. Descripción general de la comunidad aviar presente en las cercas vivas de madero negro y de poró con sus respectivos niveles de conectividad en Río Frío, Costa Rica

Número de cercas vivas	BO	RI	DC	IN	LI	Total
Cercas de madero negro						
Nº de cercas vivas	6	6	6	7	6	31
Nº de puntos por cerca	14	18	23	18	44	117
Nº total de aves por cerca	213	311	446	269	1111	2350
Nº promedio de aves/cerca	15.67±2.70	18.17±1.76	20.5±2.42	14.86±2.27	22.33±1.98	17.19±0.83
Nº promedio de especies aves/cerca	8.83±2.91	10.83±2.41	10.17±1.05	5.29±0.57	9.67±0.88	9.63±0.76
H' promedio de aves/cerca	2.25±0.07	2.48±0.20	2.69±0.12	1.91±0.12	2.64±0.26	2.33±0.06
E' promedio de aves/cerca	0.91±0.01	0.91±0.004	0.89±0.01	0.87±0.03	0.89±0.01	0.90±0.01
Cercas de poró						
Nº de cercas vivas	6	7	6	7	6	31
Nº de puntos por cerca	13	16	13	19	15	76
Nº total de aves por cerca	201	258	141	348	199	1147
Nº promedio de aves/cerca	16±2.91	18±4.17	12±1.61	19.17±2.32	15.5±1.43	15.67±2.70
Nº promedio de especies aves/cerca	13.33±2.89	13.29±4.86	7.67±1.52	8.5±0.76	8.83±0.79	8.83±2.91
H' promedio de aves/cerca	2.19±0.24	2.36±0.07	1.88±0.15	2.62±0.15	2.39±0.10	2.25±0.07
E' promedio de aves/cerca	0.91±0.01	0.91±0.01	0.92±0.02	0.89±0.02	0.91±0.01	0.91±0.01

Conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas, LI=libres), H = diversidad, E = equitatividad

Con los análisis de covarianzas se encontró efecto del tipo de cercas viva y no de la conectividad, con una mayor abundancia de aves en cercas de madero negro que en cercas de poró (ANCOVA: $F_{1,50}=4.60$, $p=0.0368$), influenciados negativamente ($r^2=0.31$) por la altura de los árboles ($p=0.0125$). La riqueza aviar no presentó efecto de ninguno de los factores (cerca viva y conectividad); sin embargo, el tamaño de la copa de los árboles estaba relacionada positivamente con el número de especies de aves que las frecuentaron ($r^2=26$, $p=0.0118$) (Figura 18).

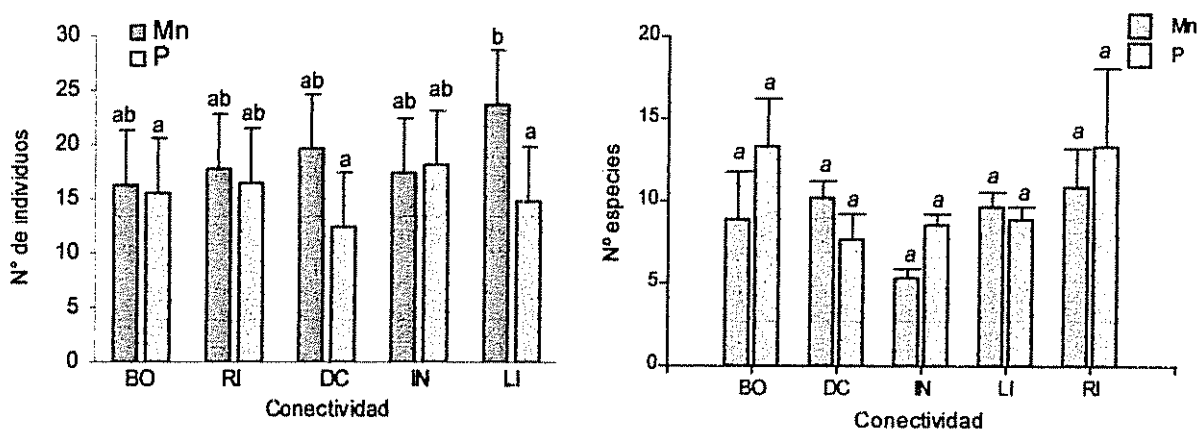


Figura 18. Número de individuos y de especies de aves presentes en las cercas vivas de madero negro y poró con distintos niveles de conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres) en Río Frío, Costa Rica. Letras distintas indican diferencias significativas ($p > 0.05$) con una prueba de Duncan

La diversidad de aves observadas en las cercas vivas presento efecto de interacción de los factores tipo de cerca viva*conectividad (ANCOVA: $F_{4,49}=6.01$, $p=0.0005$), influenciada positivamente ($r^2=0.58$) por la densidad ($p=0.0312$) y la riqueza arbórea ($p=0.0398$); mientras que la equitatividad aviar fue mayor en cerca de poró que en cercas de madero negro (ANCOVA: $F_{1,50}=5.99$, $p=0.0180$), presentando una relación positiva ($r^2=0.30$) con la diversidad de árboles ($p=0.0412$) y una relación negativa con el tamaño de las copas de los árboles ($p=0.0056$), es decir, que las cercas vivas más diversificadas y con copas no muy grandes contribuyó a que las aves estuvieran mejor distribuidas en las cercas de poró que en las cercas de madero negro (Figura 19).

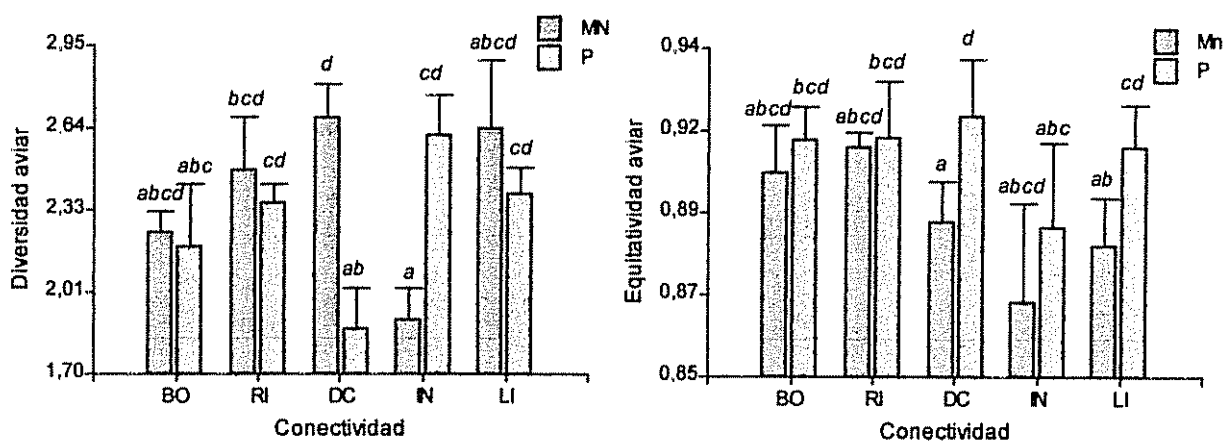


Figura 19. Índices promedios de la diversidad de Shannon (H') y la equitatividad (E) aviar presente en las cercas vivas de madero negro y de poró con distintos niveles de conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres) en Río Frio, Costa Rica. Letras distintas indican diferencias significativas ($p>0.05$) con una prueba de Duncan

5.2.5 Composición de la comunidad aviar típicas de bosque, vegetación secundaria y hábitat abiertos

De los 3497 individuos, correspondiente a 123 especies de aves registradas en las 62 cercas vivas, el 89% de los individuos (45 especies) eran típicos de áreas con vegetación secundaria, un 8% de los individuos (30 especies) eran típicos de bosque y un 3% de los individuos (6 especies) eran típicos de áreas abiertas (Cuadros 23, Anexo 5).

Cuadro 23. Número de individuos y de especies totales de aves típicas de bosque, vegetación secundaria y de áreas abiertas registradas en las cercas vivas (n=62) de Río Frío, Costa Rica

Variabes	Tipo de cercas vivas	Bosques	Vegetación secundaria	Áreas abiertas	Total
Abundancia	Madero negro	173 (7.4%)	2096 (89.2%)	81 (3.4%)	2350 (100%)
	Poró	116 (10.2%)	1018 (88.6%)	13 (1.2%)	1147 (100%)
	Total	289 (8.3%)	3114 (89.0 %)	94 (2.7%)	
Riqueza	Madero negro	31 (31.3%)	61 (61.6%)	7 (7.1%)	99 (100%)
	Poró	32 (34.0%)	56 (59.6%)	6 (6.4%)	94 (100%)
	Total	46 (37.4%)	68 (55.3%)	9 (7.3%)	

Se desarrollaron análisis de covarianza de la abundancia y la riqueza de aves típicas de bosque, vegetación secundaria y áreas abiertas con variables de estructura y composición de las cercas vivas, con el fin de conocer la relación que existe entre las cercas vivas y las aves de acuerdo a su nivel de dependencia con la vegetación. Con los análisis de varianza se encontraron efectos de las cercas vivas y de la conectividad (interacción) en la mayoría de las variables analizadas.

El número de individuos de aves típicas de vegetación secundaria estuvo influenciada por la conectividad (ANOVA: $F_{4,51}=3.43$, $p=0.0147$) pero no por el tipo de cerca viva. Las cercas vivas libres y las con doble conexión de madero negro y las cercas libres de poró presentaron el mayor número de especies típicas de vegetación secundaria (Cuadro 24 y 25). También se observó que el efecto encontrado sobre el número de individuos de aves típicas de vegetación secundaria estuvo relacionado positivamente con la densidad de árboles de las cercas vivas ($r^2=0.79$, $p<0.0001$).

Se encontró un efecto de interacción de los factores con la abundancia de aves típicas de bosque (ANOVA: $F_{4,51}=3.35$; $p=0.0165$), así como efecto de la conectividad y no del tipo de cerca viva. Dicho efecto estuvo relacionado positivamente con la densidad arbórea ($r^2=0.59$, $p<0.0001$) con un mayor número de individuos de aves típicas de bosque en cercas de madero negro con doble conexión que en las demás cercas vivas. La abundancia de aves típicas de áreas abiertas también presentó efecto de interacción de los factores (ANOVA: $F_{4,51}=2.69$; $p=0.0413$), así como del tipo de cerca viva y del nivel de conectividad. También se observó que los efectos encontrados estuvieron relacionados positivamente con la riqueza de árboles ($r^2=0.62$, $p<0.0001$), especialmente en cercas de madero negro conectadas a bosques riparios y libres (Cuadro 24 y 25).

De igual forma que en la abundancia, los análisis de covarianza mostraron efecto de interacción de los factores en el número de especies de aves típicas de bosque (ANOVA: $F_{4,51}=2.74$, $p=0.0383$) y especies típicas de áreas abiertas (ANOVA: $F_{4,52}=3.30$, $p=0.0174$). En ninguno de los dos casos se encontró influencias de las variables de estructura de las cercas vivas. Las especies típicas de bosque no presentaron efecto de ninguno de los factores de forma independiente, pero en el número de aves típicas de áreas abiertas se encontró efecto del tipo de cerca viva y no de la conectividad. Las especies de aves típicas de bosque se concentraron en mayor número en las cercas de madero negro con doble conexión y libres, y en cercas de poró conectadas a bosque. Mientras que las especies de aves típicas de áreas abiertas se concentraron más en cercas de madero negro conectadas a bosque y en cercas libres (Cuadro 24 y 25).

Cuadro 24. Promedios de la abundancia y número de especies de aves típicas de bosques, vegetación secundaria y áreas abiertas, ajustadas por las covariables de estructura y composición de las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica

Tipos de cercas	Número de aves			Número de especies		
	Bosque	Áreas abiertas	Vegetación secundaria	Bosque	Áreas abiertas	Vegetación secundaria
Mn_BO	2.46 b	2.41 b	45.9 abc	0.75 bc	1.67 bcd	13.83 ab
Mn_RI	1.46 b	4.73 a	7.17 c	1.65 abc	2.50 d	15 ab
Mn_DC	9.57 a	0.83 bc	74.24 ab	2.75 a	0.83 abc	17.5 a
Mn_IN	1.03 b	-0.75 c	46.32 abc	0.08 c	0.00 c	14.71 ab
Mn_LI	2.77 b	3.05 ab	89.06 a	1.63 abc	1.83 cd	20.83 a
P_BO	4.34 b	0.78 bc	40.31 abc	2.4 ab	0.50 abc	13.17 ab
P_RI	4.25 b	1.5 bc	36.97 bc	1.48 abc	0.29 ab	16.57 ab
P_DC	4.11 b	0.63 bc	43.81 abc	1.23 abc	0.00 c	8.5 c
P_IN	4.71 b	1.3 bc	59.34 ab	1.67 abc	0.83 abc	16.83 ab
P_LI	3.32 b	1.06 bc	61.98 ab	1.1 abc	0.00 c	14.83 ab
X ± EE	3.81 ± 0.62	1.52 ± 0.57	50.23 ± 9.59	0.75 AB	0.8 ± 0.2	15.12 ± 0.8

Letras distintas en la misma columna muestran diferencias significativas ($p<0.05$; prueba de Duncan)

Cuadro 25. Efecto de la estructura y composición de las cercas vivas en la abundancia aviar con distintas afinidades de hábitats en Río Frío, Costa Rica

Afinidad de hábitats	Efecto de los factores (<0.05)			Covariables (<0.05)	
	Cerca viva	Conectividad	Interacción	Densidad	Riqueza
Bosques	*	*	Mn Dc	+	*
Vegetación secundaria	*	Li	*	+	*
Áreas abiertas	*	*	Mn Ri	*	+

5.2.6 Aves migratorias y residentes de las cercas vivas

Se registraron 46 aves migratorias correspondientes a 7 especies y 3451 aves residentes correspondientes a 116 especies. En cercas de madero negro el número total de aves migratorias fue de 20 individuos de 5 especies; mientras que en cercas de poró fue de 26 individuos de 4 especies (Cuadro 26, Anexo 5). No se encontró efecto de los factores ni de las covariables en la presencia de aves migratorias en las cercas vivas de Río Frío.

Cuadro 26. Abundancia promedio, total y porcentual de las aves residentes y migratorias presentes en las cercas vivas de madero negro y poró en Río Frío, Costa Rica

Variables	Madero negro		Poró		Total	
	Nº aves	Nº Spp	Nº aves	Nº Spp	Nº aves	Nº Spp
Migratorios	20 (0,6%)	5 (4,1%)	26 (0,7%)	4 (3,3%)	46 (1,3%)	7 (5,7%)
Residentes	2330 (66,6%)	94 (76,4%)	1121 (32,1%)	90 (73,2%)	3451 (98,7%)	116 (94,3%)
Total	2350 (67,2%)	99 (80,5%)	1147 (32,8%)	94 (76,5%)	3497 (100%)	123 (100%)

Las especies migratorias registradas fueron *Comptopus virens* (18 individuos) y *Myiarchus crinitus* (11 individuos), seguidas por *Agelaius phoeniceus* y *Dendroica petechia* (5 individuos cada una), *Wilsonia pusilla* (4 individuos), *Oporornis philadelphia* (2 individuos) y *Dendroica pensylvanica* (1 individuo).

5.2.7 Tiempo de percha de las aves en las cercas vivas

Se registró un tiempo acumulado de percha de los 3497 individuos (123 especies) de 11104 minutos (185.1 horas), con un promedio de 3.18 minutos de percha (± 0.05) por individuo. En cercas de madero negro 2350 aves percharon en un promedio de 3.02 minutos (± 0.06), mientras que en cercas de poró 1147 aves percharon en un promedio de 3.49 minutos (± 0.1).

No se encontraron efectos en el tiempo de percha de las aves en las cercas vivas del factor tipo de cerca viva ($p=0.577$), nivel de conectividad ($p=0.622$) y de las covariables. El mayor tiempo de percha de las aves se presentó en cercas vivas de poró conectadas a bosque ripario y en cercas vivas de madero negro libres, pero en general los promedios de perchas de las aves por cerca viva están entre 48.7 ± 2.02 y 71.6 ± 14.9 minutos (Cuadro 27, Anexo 5).

Cuadro 27. Tiempo de percha promedio de las aves presentes en las cerca viva de Río Frío, Costa Rica

Tipo de cerca	Minutos de percha de las aves por cerca viva
Mn_BO	56.74±13.94
Mn_RI	62.19±7.9
Mn_DC	61.55±6.92
Mn_IN	52.91±12.87
Mn_LI	69.4±11.72
P_BO	50.72±8.78
P_RI	71.66±14.92
P_DC	44.99±9.5
P_IN	62.61±7.38
P_LI	48.7±2.02
Total	56.74±13.94

Tipo de cerca (Mn: madero negro y P: poró), conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas, LI=libres) Letras distintas en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$; prueba de Duncan)

Se identificaron 10 especies de aves que perchaban más tiempo en las cercas vivas que las demás especies. Estas estuvieron compuestas por los gremios insectívoros y frugívoros. *Crotophaga sulcirostris* fue la especie que presentó el mayor tiempo promedio de percha en las cercas vivas, seguida por *Elaenia flavogaster* y *Ramphocelus passerinii* (Cuadro 28).

Cuadro 28. Lista de las 10 especies con mayor tiempo promedio de percha por cercas vivas y punto de observación en Río Frío, Costa Rica

Especies	Nº total de individuos	Minutos totales de percha	Minutos promedios de percha	Nº de puntos donde perchó	Nº de cercas donde perchó
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	117	524.90	4.49	41	26
<i>Elaenia flavogaster</i>	78	336.49	4.31	42	23
<i>Ramphocelus passerinii</i>	184	624.98	3.40	69	30
<i>Troglodytes aedon</i>	159	469.44	2.95	75	38
<i>Sporophila americana</i>	482	1291.10	2.68	133	54
<i>Tangara larvata</i>	203	530.91	2.61	71	40
<i>Thraupis episcopus</i>	208	539.83	2.59	81	36
<i>Todirostrum cinereum</i>	129	327.34	2.54	77	36
<i>Turdus grayi</i>	135	337.62	2.50	54	26
<i>Oryzoborus funereus</i>	164	348.83	2.35	68	33

Se observó que las aves frugívoras permanecieron más tiempo en cercas de madero negro que en cercas de poró (ANOVA: $F_{1,52}=8.13$, $p=0.0062$); así como las aves nectarívoras (ANOVA: $F_{1,52}=6.79$, $p=0.012$), las aves omnívoras (ANOVA: $F_{1,52}=4.68$, $p=0.035$) y las aves insectívoras (ANOVA: $F_{4,52}=3.50$, $p=0.013$) (Cuadro 29).

Cuadro 29. Tiempo promedio de percha de las aves (en minutos) por gremios alimenticios y ajustados por las covariables de estructura y composición de las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica

Tipo de cerca	Minutos de percha de las aves por cerca viva				
	Carnívoras	Frugívoras	Insectívoras	Nectarívoras	Omnívoras
Mn_BO	3.2 a	61.9 b	37.2 b	1.5 ab	10.0 b
Mn_RI	4.3 a	94.1 b	47 b	2.3 ab	14.3 b
Mn_DC	0.0 a	143.7 ab	71.5 b	0.5 b	11.7 b
Mn_IN	0.0 a	93.2 b	38.8 b	4.1 ab	1.9 b
Mn_LI	8.2 a	259.8 ab	200 a	5.7 ab	46.3 a
P_BO	8.3 a	40.1 b	51.0 b	0.4 b	7.8 b
P_RI	3.1 a	55.8 b	89.7 b	0.3 b	2.2 b
P_DC	2.5 a	39.5 b	43 b	0.4 b	3.2 b
P_IN	0.0 a	72.3 b	110 b	0.8 b	7.0 b
P_LI	0.0 a	44.6 b	57.4 b	0.0 b	2.7 b
X ± EE	2.9 ± 0.9	89.9 ± 15.3	74.2 ± 10	1.6 ± 0.5	10.4 ± 3

Mn=Madero negro y P=poró; Conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas, LI=libres). Letras distintas en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$; prueba de Duncan)

Se observó que el tiempo que las aves utilizaron para consumir alimentos en las cercas vivas estuvo relacionado con algunas características de las mismas. Por ejemplo, se encontró una relación positiva entre el tiempo que las aves utilizaron para comer frutos ($r^2=0.76$) con la riqueza arbórea (ri), diversidad arbórea (H) y longitud (lg) de las cercas vivas ($y=21.63+6.39ri+64.98H+264.6lg$; $p=0.01ri$; $p=0.0101H$; $p=0.0001lg$). También se observó una relación positiva ($r^2=0.71$) entre el tiempo que percharon las aves para consumir insectos en las cercas vivas con la riqueza (ri), tamaño de la copa (tc) y longitud (lg) de las cercas vivas ($y=-5.33+4.13ri+9.78tc+147.54lg$; $p=0.03ri$; $p=0.03tc$; $p=0.0001lg$).

5.2.8 Efectos de la estructura y composición de las cercas vivas en el número de individuos y especies de las aves por gremios alimenticios

Las especies de aves que frecuentaron las 62 cercas vivas pertenecen a los gremios alimenticios carnívoros (1%), frugívoros (55%), insectívoros (37%), nectarívoros (2%) y omnívoros (5%); de las cuales los frugívoros y los insectívoros conformaron el 82% de las especies y el 92% de la abundancia total de aves (Cuadro 30). Además, se observó que de las 123 especies de aves registradas, 16 especies entre frugívoros e insectívoros, conformaron el 65 % del total de la abundancia; de las cuales ocho especies de frugívoros representaron el 44% de la abundancia y estuvieron conformadas por especies comunes (*Sporophila americana*, *Thraupis episcopus*, *Tangara larvata*, *Ramphocelus passerinii*, *Oryzoborus funereus*, *Turdus grayi*, *Volatinia jacarina* y *Saltator maximus*) y otras ocho especies de aves fueron insectívoras que representaron el 21% de las aves (*Troglodytes aedon*, *Todirostrum*

cinereum, *Crotophaga sulcirostris*, *Comptopus cinereus*, *Elaenia flavogaster*, *Comptopus sordidulus*, *Tyrannus melancholicus* y *Conopias albobittata*). Aves omnívoras como *Pitangus sulphuratus* y nectarívoras como *Amazilia tzacatl* fueron las dos especies más abundantes de sus gremios, mientras que los carnívoros estuvieron compuestas por algunas especies ocasionales (Anexo 6).

Cuadro 30. Número de individuos y de especies de aves por gremios alimenticios presentes en las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica

Tipo de cerca	Variables	CA	FR	IN	NE	OM	Total
Madero negro	Abundancia	13 (0.5%)	1364 (58.1%)	760 (32.3%)	74 (3.2%)	139 (5.9%)	2350 (100%)
	Riqueza	7 (7.1%)	36 (36.4%)	47 (47.5%)	2 (2.1%)	7 (7.1%)	99 (100%)
Poró	Abundancia	11 (1%)	558 (48.7%)	525 (45.8%)	12 (1.1%)	41 (3.6%)	1147 (100%)
	Riqueza	6 (6.4%)	32 (34.1%)	48 (51.1%)	1 (1.1%)	7 (7.5%)	94 (100%)
Total	Abundancia	24 (0.7%)	1922 (55.0%)	1285 (36.8%)	86 (2.5%)	180 (5.2%)	3497 (100%)
	Riqueza	11 (8.9%)	38 (30.9%)	63 (51.2%)	2 (1.6%)	9 (7.3%)	123 (100%)

CA = carnívoro, FR = frugívoro, IN = insectívoro, NE = nectarívoro, ON = omnívoros

Con los análisis de covarianza se observó un mayor número de aves frugívoras (ANOVA: $F_{1,50}=4.24$, $p=0.0448$) y nectarívoras (ANOVA: $F_{1,50}=4.76$, $p=0.0339$) en cercas de madero negro que en cercas de poró (Cuadro 31). Al mismo tiempo, se evidenció que el efecto que presentaron ambos gremios alimenticios de aves estuvo relacionado positivamente con la altura de los árboles (frugívoras: $r^2=0.42$, $p=0.0009$; nectarívoras: $r^2=0.51$, $p<0.0001$) y que a mayor altura arbórea, hubo un mayor número de individuos de estos gremios de aves. En el caso de las aves nectarívoras y carnívoras se pudo evidenciar que los promedios de la abundancia y del número de especies disminuía conforme se reducía la altura de los árboles y el tamaño de las copas, por lo cual se observaron los valores negativos en dichos promedios.

La abundancia de aves carnívoras, insectívoras y omnívoras no presentó efectos de ninguno de los factores. Sin embargo, se observó influencia positiva del tamaño de copa en la abundancia de aves carnívoras ($r^2=0.32$, $p=0.0024$) y de la altura de los árboles en la abundancia de aves insectívoras ($r^2=0.34$, $p=0.0033$) y omnívoras ($r^2=0.32$, $p=0.0035$).

Cuadro 31. Número promedios de individuos de cinco gremios alimenticios de aves en diferentes cercas vivas, y ajustadas por las covariables, en Río Frio, Costa Rica

Tipo de cerca	Abundancia promedio de las aves por cerca viva				
	Carnívoros	Frugívoros	Insectívoros	Nectarívoros	Omnívoros
Mn_BO	0.19 ab	13.26 b	4.80 b	0.32 ab	1.95 a
Mn_RI	0.05 ab	14.36 b	23.23 ab	0.88 ab	4.42 a
Mn_DC	0.34 ab	17.65 ab	15.84 ab	3.86 bc	1.67 a
Mn_IN	0.63 ab	19.67 ab	44.83 a	4.59 a	5.67 a
Mn_LI	0.67 ab	24.14 ab	17.41 ab	1.45 abc	6.22 a
P_BO	1.20 a	26.06 ab	15.71 ab	0.53 ab	2.26 a
P_RI	0.28 ab	34.75 ab	17.85 ab	1.30 abc	1.91 a
P_DC	-0.18 b	35.79 ab	23.16 ab	-0.99 c	0.96 a
P_IN	0.14 ab	55.04 ab	18.93 ab	1.10 abc	2.15 a
P_LI	0.53 ab	64.8 a	21.96 ab	0.31 ab	1.52 a
X ± EE	0.40 ± 0.10	31.00 ± 5.50	20.70 ± 4.20	1.40 ± 0.46	2.90 ± 0.70

Mn=Madero negro y P=poró; Conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas, LI=libres), EE= error estándar. Letras distintas en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$; prueba de Duncan)

Se encontró efecto de interacción de los factores en el número de especies de aves frugívoras (ANOVA: $F_{4,52}=3.30$, $p=0.011$) e insectívoras (ANOVA: $F_{4,52}=4.66$, $p=0.0027$), con una mayor concentración de aves frugívoras en cercas libres de madero negro y de aves insectívoras en cercas libres de poró (Cuadro 32). Independientemente de la conectividad, en ambos gremios de aves se observó efecto del tipo de cerca viva, pero no se encontró influencia de las covariables, estructura y composición de las cercas vivas.

Se encontró efecto de interacción de los factores cercas vivas por niveles de conectividad en el número de especies de aves omnívoras ($F_{4,50}=3.13$, $p=0.0236$), con una mayor concentración de especies en cercas con doble conexión y conectadas a bosque ripario que en las demás cercas vivas (Cuadro 32 y 33). Los efectos encontrados presentaron relación positiva con la densidad de árboles (ind/km) presentes en las cercas vivas ($r^2=0.35$, $p=0.0150$). En las especies de aves carnívoras no se encontró efecto de ninguno de los factores. Sin embargo se observó que su presencia estuvo relacionada positivamente con la longitud de las cercas vivas ($r^2=0.32$, $p=0.0013$) (Cuadro 33).

Cuadro 32. Número promedios de especies de cinco gremios alimenticios de aves en diferentes cercas vivas, y ajustadas por las covariables, en Río Frío, Costa Rica

Tipo de cerca	Número promedio de especies por cerca viva				
	Carnívoros	Frugívoros	Insectívoros	Nectarívoros	Omnívoros
Mn_BO	0.2 ab	4.00 abc	2.00 c	0.34 ab	0.57 abcd
Mn_RI	0.34 ab	4.17 abc	1.86 c	0.07 b	0.83 cd
Mn_DC	-0.03 b	6.00 a	2.83 bc	-0.05 b	0.98 a
Mn_IN	-0.03 b	3.00 bc	3.67 ab	0.06 b	0.18 ab
Mn_LI	0.02 ab	4.50 ab	3.83 ab	0.03 b	0.48 abcd
P_BO	0.38 a	3.33 bc	3.83 ab	0.29 ab	0.7 bcd
P_RI	0.04 ab	3.43 bc	4.00 ab	0.19 b	0.29 abc
P_DC	0.21 ab	2.33 c	2.00 c	0.23 b	0.01 d
P_IN	-0.002 ab	3.83 bc	4.33 ab	0.14 b	0.23 abc
P_LI	0.03 ab	4.00 abc	4.67 a	0.68 a	0.66 bcd
X ± EE	0.10 ± 0.04	3.80 ± 0.20	3.30 ± 0.20	0.20 ± 0.05	0.50 ± 0.07

Mn=Madero negro y P=poró; Conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas, LI=libres), EE = Error estándar. Letras distintas en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$; prueba de Duncan)

Cuadro 33. Efecto de la estructura y composición de las cercas vivas en la abundancia de aves de distintos gremios alimenticios en Río Frío, Costa Rica

Gremios alimenticios	Efecto de los factores (<0.05)			Covariables (<0.05)	
	Especies de cerca viva	Conectividad	Interacción	Altura	Copa
Carnívoros	*	*	*	*	+
Frugívoros	Mn > P	*	*	+	*
Insectívoros	*	*	*	+	*
Nectarívoros	Mn > P	*	*	+	*
Omnívoros	*	*	*	+	*

4.2.9 Efecto de las cercas vivas en el comportamiento alimenticio de las aves

El comportamiento alimenticio observado en las aves que frecuentaron las cercas vivas en Río Frío fue básicamente el consumo de flores (polen, néctar, flor), frutos e insectos. De los 3497 individuos correspondientes a 123 especies, se observó a 761 individuos (22% de todas las aves observadas) y 85 especies (69% del total de especies) consumiendo alimentos en las cercas vivas, de los cuales el 10% de los individuos de 48 especies comieron frutos, 9% de los individuos de 67 especies comieron insectos y 2% de los individuos de 25 especies comieron flores, néctar y/o polen. El 78% de los individuos de las 38 especies (31%) restantes utilizaron las cercas vivas en actividades de búsqueda de alimentos, actividad reproductiva o simplemente como áreas de descanso y observación (Cuadro 34, Anexo 6).

Cuadro 34. Número de individuos y especies de las aves observadas consumiendo flores, frutos e insectos en las cercas vivas de madero negro y poró en Río Frío, Costa Rica

Comportamiento alimenticio	Madero negro		Poró		Total	
	N° aves (%)	N° spp (%)	N° aves (%)	N° spp (%)	N° aves (%)	N° spp (%)
Flores	45 (53,1%)	14 (56,1%)	40 (46,9%)	11 (44%)	85 (100%)	25 (100%)
Frutos	293 (82,5%)	34 (71,3%)	62 (17,5%)	14 (28,7%)	355 (100%)	48 (100%)
Insectos	195 (61,4%)	35 (51,4%)	126 (38,6%)	32 (48,6%)	321 (100%)	67 (100%)
Total	534 (70,1%)	65	228 (29,1%)	36	761 (100%)	85

La abundancia y el número de especies de aves observadas consumiendo frutos (semillas, granos, frutos) fueron mayores en cercas vivas de madero negro que en cercas de poró (ANOVAS: $F_{1,60}=6.13$, $p=0.0162$ y $F_{1,60}=6.07$, $p=0.0166$ respectivamente). También se encontró similar efecto en el número de especie de aves observadas consumiendo insectos en las cercas vivas (ANOVA: $F_{1,60}=4.31$, $p=0.0166$).

5.2.10 Efectos de las cercas vivas en el comportamiento reproductivo de las aves

En las cercas vivas de Río Frío el 93% de las aves (123 especies) cantaban en los árboles donde perchaban, un 6% (de 36 especies) desarrollaban vuelos territoriales y de cortejeo y el 1% de 17 especies de aves construyeron nidos en las cercas vivas. No se observó efecto de los factores ni de las covariables en el número de aves y de las especies en el desarrollo de actividades de comportamientos reproductivos en las cercas vivas.

El 62% de las aves (99 especies) fueron observadas cantando en las cercas de madero negro y el 31% de las aves (91 especies) lo hicieron en cercas de poró. En los vuelos de cortejeo y de territorialidad el 4.6% de las aves (31 especies) lo hicieron en cercas de madero negro, mientras que el 1.5% de las aves (16 especies) desarrollaban estas actividades en cercas de poró. En cuanto a la presencia de nidos en las cercas vivas el 0.6% de las aves de 11 especies construyeron nidos en cercas de madero negro y el 0.4% de las aves de 7 especies construyeron nidos en cercas de poró (Cuadro 35, Anexo 7).

Si consideramos los vuelos de cortejeo y territorialidad, y la construcción de nidos como un comportamiento reproductivo indicador del nivel de uso de las cercas vivas, podemos decir que al menos un 7% de los individuos y un 43% de las especies de aves que frecuentan estas estructuras arbóreas las utilizan como hábitat y no solo como sitios de percha.

Cuadro 35. Número de individuos promedio, total y porcentual de las aves observadas cantando, con vuelo territorial y con nidos en las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica

Comportamiento reproductivo	Madero negro		Poró		Total	
	Nº aves (%)	Nº spp (%)	Nº aves (%)	Nº spp (%)	Nº aves (%)	Nº spp (%)
Canto	2165 (67.3%)	99 (81.1%)	1079 (32.7%)	91 (74 %)	3244 (100%)	123 (100 %)
Vuelo de cortejeo	162 (76.1%)	31 (25,2%)	52 (23.9%)	16 (13%)	214 (100%)	36 (29,3%)
Nidos	22 (61.1%)	11 (8,9%)	14 (38.9%)	7 (5,7%)	36 (100%)	17 (13,8%)
Total	2349 (67,2%)	99 (81.1%)	1145 (32,8%)	91 (74%)	3497 (100%)	123 (100%)

De las 123 especies de aves presentes en las cercas vivas, *Campylorhynchus zonatus*, *Capsiempis flaveola*, *Cyanerpes lucidus*, *Euphonia minuta* y *Tangara larvata* fueron las especies que más nidos presentaron en las cercas vivas; mientras que *Sporophila americana*, *Oryzoborus funereus* y *Todirostrum cinereum* fueron las que desarrollaron vuelo de cortejeo con mayor frecuencia que las demás especies. El canto es otra característica importante en el comportamiento reproductivo de las aves, siendo las especies *Sporophila americana*, *Tangara larvata*, *Ramphocelus passerinii*, *Oryzoborus funereus* y *Troglodytes aedon* ($n^{\circ} \geq 20$ individuos cada una) las que cantaron en mayor número que las demás aves (Cuadro 36, Anexo 7).

Cuadro 36. Especies de aves con nidos en cercas vivas de madero negro y de poró en Río Frío, Costa Rica

Especies	Nº de nidos en madero negro	Nº nidos en poró	Total de nidos en las cercas	Nº de aves registradas
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	5	-	5	35
<i>Capsiempis flaveola</i>	-	5	5	25
<i>Coereba flaveola</i>	2	-	2	16
<i>Cyanerpes lucidus</i>	-	3	3	5
<i>Dryocopus lineatus</i>	1	-	1	8
<i>Elaenia flavogaster</i>	-	1	1	78
<i>Euphonia minuta</i>	1	2	3	15
<i>Oryzoborus funereus</i>	-	1	1	164
<i>Pitangus sulphuratus</i>	2	-	2	72
<i>Saltator maximus</i>	1	-	1	77
<i>Sporophila americana</i>	2	-	2	482
<i>Synallaxis brachyura</i>	-	1	1	15
<i>Tangara larvata</i>	3	-	3	203
<i>Thraupis episcopus</i>	2	-	2	208
<i>Tityra inquisidor</i>	2	-	2	3
<i>Todirostrum cinereum</i>	-	1	1	129
<i>Troglodytes aedon</i>	1	-	1	159
Total general	22	14	36	1694

Se observó un mayor número de individuos de aves cantando ($F_{1,52}=4.25$, $p=0.0442$) y desarrollando vuelos de cortejeo ($F_{1,52}=4.05$, $p=0.0494$) en cercas vivas de poró que en cercas

de madero negro, especialmente en cercas libres. Al comparar los efectos con las covariables no se observó relación alguna. En el número de individuos de aves que construyeron nidos en las cercas vivas no se evidenció ningún efecto de los factores, pero sí se observó que estaban relacionados positivamente con la riqueza arbórea ($r^2=0.17$, $p=0.0402$). Esto podría deberse a que en cercas vivas con mayor número de especies arbóreas hay mayores posibilidades de tener recursos accesibles y disponibles para mantener a los polluelos (37 y 38).

Cuadro 37. Promedio del número de individuos y de especies de aves por cerca viva observadas (cantando, con vuelos territoriales y con nidos) ajustadas por las covariables de estructura de las cercas vivas de Río Frio, Costa Rica

Tipo de cerca	N° de individuos/cerca			N° de especies/ cerca		
	Canto	Territorial	Nidos	Canto	Territorial	Nidos
Mn_BO	30.17 b	-0.77 b	-0.25 a	6.26 bc	0.66 abc	0.18 a
Mn_RI	39.59 b	0.67 b	0.19 a	8.16 ab	0.0009 c	0.15 a
Mn_DC	29.68 b	1.63 b	1.10 a	10.93 a	0.68 ab	-0.003 a
Mn_IN	44.36 b	4.53 ab	0.55 a	4.41 c	0.45 bc	0.07 a
Mn_LI	35.73 b	1.93 b	1.26 a	9.63 a	0.002 c	0.06 a
P_BO	28.84 b	2.79 b	-0.000057 a	7.70 ab	0.22 bc	0.001 a
P_RI	53.62 b	1.19 b	0.88 a	7.73 ab	0.27 bc	0.04 a
P_DC	59.47 b	4.56 ab	0.76 a	3.93 c	0.38 bc	0.42 a
P_IN	33.51 b	3.11 b	0.09 a	8.03 ab	1.19 a	0.16 a
P_LI	169.87 a	15.08 a	1.17 a	8.70 ab	0.54 bc	0.23 a
X ± EE	52.40 ± 9.60	3.40 ± 1.10	0.60 ± 0.20	7.50 ± 0.40	0.40 ± 0.07	0.10 ± 0.05

Mn=Madero negro y P=poró; Conectividad (BO=bosque, RI=ripario, DC=doble conexión, IN=interconectadas, LI=libres) Letras distintas en la misma columna muestran diferencias significativas ($p < 0.05$; prueba de Duncan)

La riqueza de aves que desarrollaron vuelos de cortejeo en las cercas vivas presentó efecto de la conectividad y no así el tipo de cerca viva ($F_{4,52}=4.52$, $p=0.0033$), encontrándose así, un mayor número de especies de aves en cercas interconectadas que en las demás cercas vivas. Mientras que la riqueza de aves que desarrollaron cantos, presentó efecto de interacción de los factores tipo de cerca viva y nivel de conectividad ($F_{4,52}=5.57$, $p=0.0008$). Los efectos encontrados en el número de especies de aves que cantaron y los que desarrollaron vuelos de cortejeo en las cercas vivas no presentaron ninguna relación con las covariables de estructura y composición de las cercas vivas (Cuadro 38).

Cuadro 38. Efecto de la estructura y composición de las cercas vivas en la abundancia de aves que desarrollaron comportamiento reproductivo en Río Frío, Costa Rica

Comportamiento reproductivo	Efecto de los factores (<0.05)			Covariables (<0.05)
	Cerca viva	Conectividad	Interacción	Riqueza
Canto	P > Mn	*	*	*
Vuelos territoriales y de cortejeo	P > Mn	*	*	*
Visita a nidos	*	*	*	+

5.2.11 Efecto de las áreas de percha en la copa en el número de individuos y de especies de las aves

Al perchar las aves en las cercas vivas se ubicaron sobre la copa (Sc), entre la copa (Ec) y bajo la copa (Bc) de los árboles, y otras también fueron observadas haciendo uso de los alambres (Al) que conectan a los árboles dentro de las cercas vivas. Del total de aves presentes observadas, 26% de los individuos (85 especies) percharon sobre la copa de los árboles, un 52.5% (98 especies) percharon entre las copa de los árboles, 14% (60 especies) percharon bajo las copa de los árboles y un 7.5% de los individuos (32 especies) hicieron uso de los alambres presentes en las cercas vivas. En cercas de madero negro percharon el 67% de las aves (99 especies) y un 33% de los individuos (94 especies) percharon en cerca de poró. También se observó un mayor número de individuos y especies de aves que percharon entre la copa de los árboles en cercas de madero negro que en cercas de poró (Cuadro 39, Anexo 8).

Cuadro 39. Estrato de percha de las aves en las cercas vivas de madero negro y poró en Río Frío, Costa Rica

Estrato de percha	Madero negro		Poró		Total	
	Nº aves	Nº Spp	Nº aves	Nº Spp	Nº aves	Nº Spp
Sobre la copa	623 (17,8%)	69 (56,1%)	285 (8,1%)	66 (54,1%)	908 (26,1%)	85 (69,1%)
Entre la copa	1202 (34,4%)	80 (65%)	634 (18,1%)	67 (54,5%)	1836 (52,5%)	98 (79,7%)
Bajo la copa	369 (11%)	50 (41%)	124 (3,5%)	34 (27,6%)	492 (14,1%)	60 (48,8%)
Sobre alambres	156 (4,5%)	21 (17%)	104 (3,1%)	19 (15,4%)	261 (7,5%)	32 (26,1%)
Total	2350 (67%)	99 (80,5%)	1147 (33%)	94 (76,5%)	3497 (100%)	123 (100%)

Del total de especies (n=123) 22 utilizaron las tres áreas de percha, siendo entre las más abundantes *Sporophila americana*, *Thraupis episcopus*, *Tangara larvata*, *Ramphocelus passerinii* y *Crotophaga sulcirostris*. Las aves más abundantes entre la copa de los árboles fueron *Sporophila americana*, *Ramphocelus passerinii* y *Thraupis episcopus*. La especie *Tangara larvata* fue una de las que percharon sobre la copa de los árboles con mayor frecuencia que las demás, mientras que *Sporophila americana* fue la especie más abundante bajo la copa de los árboles en las cercas vivas que las especies restantes.

Se observó un mayor número de individuos que percharon bajo la copa de los árboles de poró ($F_{1,61}=5.47$, $p=0.0227$) que de madero negro, y que estaban conformadas por grupos de granívoras e insectívoras de sotobosque. También se pudo observar una mayor concentración de especies de aves que percharon sobre la copa de los árboles de madero negro ($F_{1,61}=8.80$, $p=0.0043$) que en cercas de poró, particularmente conformadas por Tyrannidae. Los efectos encontrados no mostraron ninguna relación con las covariables de estructura y composición de las cercas vivas con las que se les comparó.

5.2.12 Efectos de las cercas vivas en la dirección de llegada y salida de las aves

Muchas aves llegaban y salían de forma paralela u horizontal y de forma transversal a las cercas vivas. Estos tipos de movimientos de las aves en el paisaje pueden ser interpretados como otro de los mecanismos de uso (refugios, corredor biológico o área paso) que les dan a las cercas vivas. Para el 2% de los individuos (17 especies) las cercas vivas fueron un elemento importante para desplazarse en el paisaje, porque mostraron un patrón de dependencia en el momento de llegar y salir de las cercas vivas de forma paralela. También se encontró un 3% (13 especies) que volaron transversalmente, mientras que para el 87 % de los individuos (60 especies) no representaron un elemento de protección, ya que llegaron y salieron tanto de forma longitudinal como de forma transversal (Cuadro 40).

En los vuelos de llegada y salida de las aves de las cercas vivas se encontraron efectos de las cercas e influencias de las covariables de estructura. Las aves llegaron transversalmente más en cercas de madero negro que en cercas de poró (ANOVAS: $F_{4,51}=4.87$, $p=0.032$); mientras que en la salida transversal que hacían las aves de las cercas vivas se encontró efecto del tipo de cerca viva (ANOVAS: $F_{1,49}=5.93$, $p=0.0186$), del nivel de conectividad (ANOVAS: $F_{4,49}=4.87$, $p=0.032$), pero también se encontró influencias de la riqueza arbórea en los efectos encontrados ($r^2=0.35$, $p=0.0156$).

En la llegada y salida de las aves de forma longitudinal de las cercas vivas no se encontró efecto de ninguno de los factores, sin embargo se observó que en dicho comportamiento influyó la altura de los árboles ($r^2=0.27$, $p=0.0119$ llegada; $r^2=0.30$, $p=0.0146$).

Cuadro 40. Especies e individuos de aves con vuelos longitudinales y transversales en las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica. Los números representan la abundancia total de los individuos

Nº	Especies con vuelos longitudinales	Llegada	Salida
1	<i>Amazona autumnalis</i>	1	1
2	<i>Buteo magnirostris</i>	1	1
3	<i>Caryothraustes poliogaster</i>	5	5
4	<i>Coragyps atratus</i>	4	4
5	<i>Cyanerpes lucidus</i>	5	5
6	<i>Falco ruficularis</i>	1	1
7	<i>Glaucis aenea</i>	1	1
8	<i>Heliothryx barroti</i>	2	2
9	<i>Hylophilus decurtatus</i>	1	1
10	<i>Myiarchus crinitus</i>	8	8
11	<i>Oporornis philadelphia</i>	2	2
12	<i>Ortalis cinereiceps</i>	3	3
13	<i>Sarcoramphus papa</i>	1	1
14	<i>Thryothorus modestus</i>	2	2
15	<i>Trogon violaceus</i>	1	1
16	<i>Xenops minutus</i>	1	1
17	<i>Xiphorhynchus lachrymosus</i>	1	1

Nº	Especies con vuelos transversales	Llegada	Salida
18	<i>Quiscalus mexicanus</i>	1	1
19	<i>Quiscalus nicaraguensis</i>	3	3
20	<i>Amazona farinosa</i>	7	14
21	<i>Aratinga nana</i>	6	4
22	<i>Brotogeris jugularis</i>	18	3
23	<i>Bubulcus ibis</i>	2	2
24	<i>Cacicus uropygialis</i>	7	7
25	<i>Casmerodius albus</i>	1	1
26	<i>Dendroica pensylvanica</i>	1	1
27	<i>Ixobrychus exilis</i>	2	2
28	<i>Tangara inornata</i>	4	2
29	<i>Tityra inquisitor</i>	3	1
30	<i>Xiphorhynchus flavigaster</i>	1	1

6 DISCUSIÓN

6.1 Caracterización de la estructura y composición de la vegetación en cercas viva de madero negro y poró en Río Frío, Costa Rica

Dos especies de árboles conforman la mayoría de las cercas vivas de Río Frío, como son *Gliricidia sepium* (madero negro) y *Erythrina costaricensis* (poró) y que en el presente estudio representaron el 92.5% de la abundancia total de todos los árboles inventariados (60% y 32%, respectivamente). Las cercas vivas también presentan algunos árboles remanentes que quedaron de los bosques originales de la región después de su fragmentación, así como vegetación arbustiva y arbórea producto de la regeneración natural. Entre los árboles remanentes más comunes en las cercas vivas se pueden encontrar algunas especies maderables como *Cordia alliodora* (laurel), *Cedrela odorata* (cedro), *Tabebuia rosea* (roble sabana), *Guazuma ulmifolia* (guácimo blanco) y *Hyeromina alchornoides* (pilón).

En muchas áreas del paisaje de Río Frío se observan fragmentos pequeños y aislados de bosques densos y riparios conectados por cercas vivas. Estas combinaciones arbóreas permiten el incremento del área de cobertura y la generación de hábitats nuevos para las aves de la región. Al parecer, algunas de las características estructurales y de composición de las cercas vivas son factores muy importantes para que las aves las visiten y/o conviertan estos sitios en uno de sus hábitats naturales para su reproducción y alimentación. De esta forma, se podría repoblar de aves aquellas áreas que han perdido parte de su diversidad aviar y de forma indirecta contribuir en el incremento de la cobertura arbórea ya que las aves son consideradas excelentes dispersores y polinizadores.

6.1.1 Descripción de la composición arbórea de las cercas vivas

Al comparar este estudio con otras investigaciones, tanto en la misma zona como en otras regiones, se pudo evidenciar que el número de especies arbóreas identificadas en cercas vivas, fue mayor que las 19 especies registradas por Chacón (2003) y las 27 especies registradas por Villacís (2003) en la misma zona de Río Frío pero en diferentes cercas vivas; así como las 42 especies identificadas por Cárdenas *et al.* (2003) en Cañas. Estudios realizados en Nicaragua han identificado entre 72-73 especies de árboles en cercas vivas (Harvey *et al.* 2003), pero con la diferencia de que las estructuras de estas cercas no son tan manejadas y las prácticas agropecuarias no son tan intensivas como en Río Frío. Es posible que el número de especies

de la vegetación en las cercas vivas de Río Frío se duplique, si se incluye también las especies que conforman el sotobosque con altura de tronco <1.3 m, variable que en el presente estudio no se contempló.

El madero negro y el poró representaron el 92.5% de la abundancia total de árboles presentes en las cercas vivas bajo estudio (60% y 32%, respectivamente). También se observaron otras especies de árboles en las cercas vivas, tales como el higuerón (*Ficus goldmanii*), laurel (*Cordia alliodora*), lengua de vaca (*Miconia argentea*), gavilán (*Pentaclethra maculosa*) y el higuillo (*Ficus cotinifolia*), que fueron las especies más comunes entre las cercas vivas, sobre todo en cercas de madero negro. De todas estas especies, el laurel (*Cordia alliodora*) y el gavilán (*Pentaclethra maculosa*) fueron las especies que presentaron mayores radios de copas, de altura y DAP que las demás especies de árboles registradas.

Las características estructurales y de composición de las cercas vivas de Río Frío dependen principalmente de la especie arbórea que se plantan en las cercas, las características propias de la especie, el manejo que aplican a estos elementos arbóreos (chapeo y poda) y la densidad arbórea por cerca viva. Del total de cercas vivas evaluadas (n=62), solo a un 5% le aplicaron poda total, especialmente a cercas de poró con el fin de utilizar las ramas para incrementar el número de apartos e intensificar la ganadería de las fincas. En cercas con árboles de madero negro la poda aplicada solo fue parcial a algunos árboles con ramas más gruesas para repoblar otras cercas vivas. Sin embargo, Villacís (2003) en su estudio realizado en la misma zona observó que la práctica de poda en sus cercas vivas se realizaba por lo menos una vez al año, cosa que no ocurrió en las cercas vivas evaluadas en el presente estudio; ya que por el tamaño de las copas y la altura de los árboles la práctica de poda no fue común ni frecuente.

Las cercas vivas de madero negro y de poró mostraron algunas diferencias estructurales (DAP, radio de copa, longitud, altura) y de composición (densidad de árboles, riqueza, diversidad y equitatividad). Por ejemplo, la densidad de árboles por cerca viva fue de 831 árboles/km, siendo esta cantidad de árboles un 27% mayor que en el estudio desarrollado por Villacís (2003) en la misma zona; esto puede ser debido a la mayor longitud de cercas evaluadas en el presente estudio y al mayor número de cercas de madero negro que los que Villacís evaluó. También, se pudo observar que las cercas vivas de madero negro presentaron el doble de la densidad arbórea promedio (Ver cuadros 8 y 41) que las cercas de poró. Esto se

debe a que madero negro es una especie susceptible a volcarse por tener raíces superficiales, por lo que los productores incrementan el número de árboles para mantener las posibilidades de que las cercas vivas con ésta especie sea viable a largo plazo. Esta tendencia de cambiar madero negro a poró también ha sido observado en la Fortuna de San Carlos por Souza de Abreu *et al.* (1999) y en Río Frio por Villacís (2003).

Cuadro 41. Resumen de las diferencias arbóreas encontradas entre cercas de madero negro y cercas de poró en Río Frio, Costa Rica

Variables	Madero negro	Poró	p
Densidad	1105.7±265.7 a	557.3±71.7 b	0.041
N° Spp	4.3±0.67 a	2.1±0.36 b	0.042
H'	0.3±0.06 a	0.09±0.03 b	0.0005
E'	0.4±0.06 b	0.6±0.07 a	0.007

Por otro lado, se encontró el doble de especies y mayor diversidad de árboles en cercas de madero negro que en cercas de poró. Esto se debe a que en cercas de madero negro el chapeo o limpieza del sotobosque no es frecuente, mientras que en poró sí. Además, con una alta densidad de árboles también se incrementan las posibilidades de aumento en el número de especies arbóreas; pero esto no solo se daría ante la presencia del sotobosque, sino también porque la mayor cobertura arbórea podría permitir la presencia de aves dispersoras y polinizadoras que contribuyen en el incremento del número de especies arbóreas en las cercas vivas. Otra de las diferencias importantes que se encontró entre los dos tipos de cercas vivas, fue que en cercas de poró la distribución de los árboles (equitatividad) fue mejor que en cercas de madero negro. Esto podría deberse a las mejores características radiculares que presentan los árboles de poró (raíces profundas = los árboles no se vuelcan) que los árboles de madero negro (raíces superficiales = muchos árboles se vuelcan con el tiempo), lo que obligaría a los finqueros a plantar ramas de madero negro más densamente y de forma desordenada a diferencia que las ramas de poró que son de forma más espaciadas entre árboles y con muy pocos recambio de árboles, lo que permitiría una distribución más uniforme de los árboles de poró en el paisaje.

La mayor densidad, riqueza y diversidad arbórea en las cercas de poró, podría incrementarse la disponibilidad de una mayor cantidad de recursos a lo largo de todo el año y favorecer a la avifauna que la frecuenta. Esto podría permitir a la vez, una mayor concentración de aves que pueden contribuir en la dispersión de semillas en diversas áreas ganaderas, si se dan las

condiciones adecuadas y se incentiva a la diversificación de las cercas vivas; pero sobre todo, si se incrementa la cobertura arbórea del paisaje de las fincas mejorando la conectividad de la vegetación al incrementar cercas vivas.

6.1.2 Descripción de la estructura arbórea de las cercas vivas

Los diámetros pequeños de los árboles presentes en las cercas vivas demuestran que son relativamente nuevas y conformadas por árboles jóvenes. También se pudo observar que las diferencias diamétricas entre las dos especies de cercas vivas se debió a la práctica frecuente de reemplazo o inclusión de árboles nuevos en cercas de madero negro; los cuales se vuelcan continuamente por las altas precipitaciones y/o el peso de sus ramas. Esta situación no se presenta en las cercas de poró ya que estas presentan mejor condición radicular que los árboles de madero negro de acuerdo con Villacís (2003).

En promedio, la altura y el radio de copa de los árboles en las cercas de madero negro y de poró no fueron diferentes (Cuadro 42). Se encontró una mayor densidad de árboles con alturas entre 5-7.99 m y con copas entre 2-2.99 m de radio, aunque también hubo algunas cercas vivas, sobre todo de madero negro, con alturas >20 m y con copas >5 m porque nunca fueron podadas y tenían más de 40 años de edad. El DAP, la altura y el tamaño de copa promedio de los árboles registrados en las cercas vivas de Río Frío fueron mayores que los reportados por Villacís (2003) y Chacón (2003) es sus respectivos estudios en la misma zona; diferencias que pueden deberse a la escasez de poda y a la edad de las cercas vivas evaluadas en el presente estudio.

Cuadro 42. Resumen de las diferencias arbóreas encontradas entre cercas de madero negro y cercas de poró en Río Frío, Costa Rica

Variables	Madero negro	Poró	p
Longitud	0.2±0.04 a	0.1±0.01 a	-
Diámetro	13.5±1.48 b	18.7±1.6 a	0.02
Copa	2.6±0.28 a	2.4±0.13 a	-
Altura	6.9±0.59 a	5.9±0.25 a	-

6.1.3 Efecto del nivel de conectividad de las cercas vivas de Río Frío

En Río Frío se observó que las cercas vivas presentaron cinco niveles de conectividad (bosque, ripario, doble conexión, interconectada y libre). Según Chacón (2003) y Villacís (2003) las cercas vivas interconectadas son las más comunes en las fincas, porque son muy

utilizadas en la división de apartos y fincas, formando internamente un sistema de red. Las cercas conectadas a fragmentos de bosques riparios son también comunes porque la zona presenta una gran cantidad de arroyos con vegetación remanente de los fragmentos grandes que había antes en el lugar (Chacón 2003 y Villacís 2003). En cambio, las cercas vivas conectadas a fragmentos de bosque denso, los cuales están completamente intervenidos en la zona, son muy escasas. Las cercas vivas libres o sin conexión son elementos arbóreos poco comunes porque la mayoría de las cercas están conectadas en redes. Las cercas vivas libres muestreadas fueron cercas que estaban abandonadas o que se encontraban muy espaciadas (>100 m) con otras cercas vivas y únicamente se encuentran conectadas por alambres.

No se encontraron diferencias en la estructura y composición de las cercas vivas con diferentes niveles de conectividad. Sin embargo, se pudo observar que en promedio las cercas vivas de madero negro libres y las conectadas a bosques riparios presentaron el doble de la densidad de árboles que todas las demás cercas vivas; pero esto es una característica casual que solo depende del tiempo y recursos que tenga el finquero en la implementación de sus cercas vivas.

En las cercas de madero negro con doble conexión y libres se encontró el mayor número de especies y de diversidad arbórea que en todas las demás cercas vivas. Esto puede deberse a que las cercas con doble conexión por lo general estaban más abandonadas, mientras que las cercas libres eran las más viejas de todas las cercas vivas evaluadas, y en ambos casos la práctica de manejo (chapeo y poda) fue escasa o nula.

6.2 Caracterización de la abundancia, riqueza y diversidad de aves que frecuentan las cercas vivas de madero negro y poró

Las cercas vivas fueron frecuentadas por un total de 3497 individuos correspondientes a 123 especies agrupadas en 35 familias. Del total de aves registradas en las cercas vivas, 10 especies representaron el 62% de las aves encontradas. Estas especies estuvieron conformadas por aves generalistas de fácil adaptación a los cambios estructurales y de composición de su entorno, esto porque incluyen en su dieta una amplia gama de alimentos y hábitats (Renjifo y Andrade 1987; Naranjo 1994).

Las especies más comunes, por su abundancia y frecuencia en las cercas vivas de Río Frío fueron: *Sporophila americana*, *Thraupis episcopus*, *Tangara larvata*, *Ramphocelus passerinii*, *Oryzoborus funereus*, *Troglodytes aedon*, *Turdus grayi*, *Todirostrum cinereum*, *Crotophaga sulcirostris* y *Volatinia jacarina*. Estas especies fueron también las más abundantes en el estudio de Lang *et al.* (2003), quienes evaluaron las aves que frecuentaron cercas vivas simples y complejas en la misma zona de Río Frío. Según Lang *et al.* (2003), esto podría deberse a que estas especies conforman grupos grandes, se desplazan en clanes familiares, están asociadas a hábitats alterados por la deforestación y se alimentan de diversos recursos disponibles en las áreas que se encuentran.

Otras especies de aves fueron poco comunes en las cercas vivas como *Colonia colonus*, *Leucopternis albicollis*, *Glaucis aenea*, *Platyrinchus coronatus* *Hylophilus decurtatus*, *Chloroceryle inda* y *Notharcus tectus*, las cuales fueron registradas en las cercas vivas por un solo individuo. *Chloroceryle inda* es una especie considerada solo de interiores de bosque y asociada a cuerpos de agua (Stiles y Skutch 1989), fue observada en una de las cercas vivas con árboles muy pequeños, con poda parcial y escasa en sotobosque y no se conoce reportes de que esta especie pueda frecuentar estos elementos arbóreos. La presencia de esta especie de ave en las cercas vivas, podría deberse a la reducción de los pocos fragmentos de bosques que quedan en la región, las prácticas de tala ilegal, la intervención constante del ganado vacuno y la contaminación del recurso hídrico.

Las aves presentes en las cercas vivas estuvieron conformadas por 116 especies de aves residentes (98.6%) y 7 especies de aves migratorias (1.4%). El bajo número de aves migratorias registradas, se debió al periodo en el que se tomaron los datos que fue entre los meses de Abril y Agosto, tiempo en el que termina el desplazamiento de las aves entre el norte y sur (Stiles y Skutch 1989). Además, el periodo climático variante que se presentó en Río Frío en el 2004 fue totalmente diferente al de los últimos 40 años, ya que se registraron altas precipitaciones que duplicaron el nivel pluviométrico normal.

Las cercas vivas de Río Frío son elementos arbóreos frecuentados por aves provenientes de distintos tipos de hábitats, como puede ser de bosque, vegetación secundaria y áreas abiertas. El 88% de los individuos (73 especies) de aves registradas en las cercas vivas eran típicas de áreas con vegetación secundaria, 9% de los individuos (41 especies) típicas de bosque y un

3% de los individuos (9 especies) típicas de áreas abiertas. La presencia de aves provenientes de distintos tipos de hábitats puede deberse a la ubicación de las cercas vivas en el paisaje; ya que se encuentran distribuidas en una matriz agropecuaria compuesta por un complejo mosaico paisajístico de hábitats naturales y alterados (pastizales, árboles dispersos en potreros, distintos fragmentos pequeños de bosque y distintos tipos de cultivos), convirtiéndose las cercas vivas en elementos arbóreos intermedios y accesibles en las áreas donde se mueven las aves. Además, si las características estructurales y de composición que presentan las cercas vivas son muy similares a sus hábitat natural, y en ellos pueden encontrar alimentos, áreas de refugio, sitios de reproducción y de anidamiento, entonces las aves pueden convertir las cercas vivas en otro más de sus hábitats naturales a largo plazo (Holl 1998, Daily *et al.* 2001).

De acuerdo a la clasificación de gremios alimenticios de aves descritas por Stiles y Skutch (1989), el 55% de las aves y el 31% de las especies fueron frugívoras, un 37% de los individuos y un 51% de las especies fueron insectívoros, un 5% de individuos y un 7% de las especies fueron omnívoros, un 3% de individuos y un 2% de especies fueron carnívoros y menos del 1% de individuos y especies fueron nectarívoros. La presencia de un mayor número de individuos y especies de frugívoros e insectívoros en las cercas vivas, a diferencia de los demás gremios alimenticios, podría reflejar la disponibilidad de flores, frutos e insectos en las cercas vivas (Estrada *et al.* 2000). Estos recursos alimenticios que ofertan las cercas vivas a las aves no fueron proporcionados por el madero negro ni el poró, ya que en el periodo en el que se desarrolló el muestreo, ninguna de estas dos especies de árboles se encontraban con flores o frutos. Más bien, fueron diversas especies de árboles (*Ficus oerstediana*, *Ficus cotinifolia*, *Cecropia peltata*, *Lonchocarpus ferruginus* y *Swartzia cubensis*), arbustos (Melastomataceae) y algunas Bromelias presentes en las cercas vivas, las que proveyeron alimento a las aves que las frecuentaban.

En las cercas vivas los gremios frugívoros e insectívoros eran aves típicas de áreas con vegetación secundaria y percharon mayormente entre la copa de los árboles. Muchas de las aves que frecuentaban las cercas vivas a pesar de corresponder a un gremio de alimentación típico, también fueron observadas consumiendo alimentos variados o alternativos.

A pesar de que no todas las cercas vivas presentaron tres estratos (bajo, medio y emergente), en las cercas que los tenían se pudo observar que el estrato medio (árboles con altura entre 2-8 m) fue donde se registró al 78% de las aves presentes en las cercas vivas, un 13% de las aves percharon en árboles emergentes (altura >8 m) y un 9% de las aves percharon preferentemente en el estrato bajo (área del sotobosque). Los árboles emergentes son muy escasos en las cercas vivas y están compuestos por algunas especies remanentes del bosque original como el laurel (*Cordia alliodora*), cedro amargo (*Cedrela odorata*), cedro maria (*Calophyllum brasiliense*), cristóbal (*Plastymiscium pleiostachyum*) y el roble sabana (*Tabebuia rosea*) y su presencia no siempre está asegurada a largo plazo porque los finqueros las mantienen para un futuro aprovechamiento. En los árboles que conformaron el estrato emergente percharon las especies de presa mayor como *Leucopternis albicollis*, *Herpetotheres cachinnans*, *Falco rufifigularis* y *Buteo magnirostris*, especies que se encuentran bajo categoría de conservación por la UICN y por el CITES en Costa Rica. Lang *et al.* (2003), cuando inventariaron las aves presentes en cercas vivas simples y complejas en la misma zona, no observaron estas especies ya que no se contempló en su estudio la presencia de un estrato emergente y porque estas especies prefieren árboles altos para tener una mayor área de observación en sus áreas de caza (Estrada *et al.* 2000, Stiles y Skutch 1989).

Las cercas vivas proveen sitios de caza, áreas de protección, alimentación y de descanso para las aves, y el sitio donde perchen las aves en un árbol puede indicar su nivel de dependencia (Estrada *et al.*, 2000). En las cercas vivas se observó un 53% de las especies de aves que percharon entre la copa de los árboles estaban conformadas principalmente por frugívoras, insectívoras y nectarívoras. Estas son especies de pequeños tamaños que podrían estar utilizando estas áreas de los árboles como sitios de protección ante posibles predadores. Mientras que las aves que percharon con mayor frecuencia sobre la copa de los árboles (26% de las especies) estaban conformadas mayormente por aves carnívoras (zopilotes y rapaces) e insectívoras (*Tyrannus verticallis*, *Tyrannus melancholicus* y *Elaenia flavogaster*), las cuales las utilizaban como áreas de observación para la caza de sus presas. En el estrato bajo se observaron a la mayoría de las especies de aves que hacían uso del sotobosque y de las áreas con alambradas, especialmente aves omnívoras y polínivoras y algunas especies

insectívoras y frugívoras de tamaños muy pequeños quines que por lo general, construyen sus nidos en estos estratos.

Las aves que frecuentaron las cercas vivas las utilizaron como sitios de descanso, percha o exploración de nuevos territorios y como sitios de alimentación (caza, frugivoría, ramoneo), reproductivos y de cortejeo (canto, vuelos de cortejeo, construcción de nidos, incubación de huevos y cría de polluelos). El 78% de las aves fueron observadas explorando en los tres estratos de los árboles de las cercas vivas (emergente, medio y herbáceo) y un 22% alimentándose de flores, frutos e insectos (especialmente en áreas de sotobosque con predominancia de Melastomataceae). Dentro del comportamiento reproductivo de las aves en las cercas vivas se evidenció que el canto fue una de las actividades más frecuentes (93% de los individuos), ya que es un medio de comunicación inter e intraespecífica muy importante, seguidas por el desarrollo de vuelos territoriales y de cortejeo que desarrollaban (6%), así como la construcción de nidos (1%).

Una de las evidencias más claras de la importancia de las cercas vivas para las aves fue la presencia de 17 especies que construyeron 34 nidos dentro de las cercas vivas, donde tenían huevos y polluelos. Estos nidos fueron más frecuentes en cercas vivas altas, con copas grandes y donde no había práctica de poda y chapeo. Las aves con nidos en las cercas vivas eran típicas de vegetación secundaria y bosque, lo que demuestra que estos elementos arbóreos son importantes para la conservación del paisaje, como los de Río Frío donde la mayor cobertura vegetal está conformada por pastizales.

6.3 Efecto de la estructura, composición y nivel de conectividad de las cercas vivas en la población aviar presente

6.3.1 *Efecto de la estructura y composición de las cercas vivas sobre la comunidad de aves que las frecuentan*

El tipo de cerca (madero negro y poró) y los distintos niveles de conectividad de las cercas vivas no mostraron tener un efecto claro en las poblaciones de aves que las frecuentaron, observándose un efecto de interacción de los factores, donde las cercas vivas de madero negro con doble conexión y con alta densidad y riqueza arbórea, presentaron mayor diversidad de aves que las cercas de poró. Sin embargo, fue más evidente el efecto que mostraron las características florísticas y estructurales de las cercas vivas sobre la comunidad aviar,

presentandose mayor diversidad de aves de distintos gremios alimenticios y con distinta dependencia de hábitat en cercas vivas densas, con árboles altos, con copas grandes y con mayor riqueza arbóreas (Cuadro 41). Por otro lado también se pudo encontrar una mayor diversidad de aves en cercas vivas libres de madero negro. Esto pudo deberse a que éste tipo de cerca viva fue la más extensa (1.20 km) que todos los demás tipos de cercas vivas, estaban conformadas por árboles más altos (>10 m), con copas grandes (>3.5 m) y eran cercas muy bien establecidas con más de 40 años.

Por medio del índice de equitatividad se pudo evidenciar que las aves se encontraban distribuidas más uniformemente en cercas de poró que en cercas de madero negro con pocas especies dominantes (Cuadro 43). Según Bennett (2004) si el área de la cobertura arbórea es pequeña y la composición y forma de los hábitats son muy homogéneas, la población aviar que presentan es también pequeña, homogénea y con pocas especies dominantes. Las cercas de poró presentaron un área de cobertura arbórea mucho más pequeña que las cercas de madero negro, porque la densidad, riqueza y diversidad de árboles por cerca viva es más baja y los árboles se encuentran muy distanciados unos de otros. Estas variables pueden haber influido para que se presente una mayor equitatividad de aves en cercas de poró. Sin embargo, no se puede encontrar una respuesta con el presente estudio del porqué las cercas de poró acumularon más rápidamente especies que las cercas de madero negro (Ver figura 15).

Cuadro 43. Efecto que presentaron de las características florísticas y estructurales de las cercas vivas sobre las poblaciones de aves que las frecuentaron en la cercas vivas de Río Frío, Costa Rica

Tratamientos	Efecto de los factores			Efecto de las covariables			
	Especie de cerca viva	Conectividad	Interacción	Densidad	Nº spp	Altura	Copa
Abundancia	si	-	-	-	-	-si	-
Riqueza	-	-	-	-	-	-	+si
Diversidad	-	-	si	+si	+si	-	-
Equitatividad	si	-	-	+si	-	-	- si
Gremios alimenticios	si	-	-	-	-	+si	+si
Hábitats	-	si	si	+si	+si	-	-
Abundancia	si	-	-	-	-	-si	-

El tipo de cerca viva, la conectividad y las características de estructura y composición de las cercas vivas influyeron en la abundancia y riqueza de las aves presentes. La especie de cerca viva y la altura de los árboles influyeron en la abundancia de aves frugívoras y nectarívoras, con una mayor concentración de estas aves en cercas de madero negro con árboles altos que

en cercas de poró. Mientras que para la riqueza de aves frugívoras fue importante tanto el tipo de cerca viva como la conectividad, con una mayor concentración de especies en cercas de madero negro con doble conexión. La preferencia de las aves frugívoras por cercas con mejores estructuras y composición como son las cercas de madero negro, tiene relación con las preferencias de hábitats que poseen, porque estas especies generalmente están asociadas a áreas boscosas (Prince 1999, Westcott y Grahan 2000), en las cuales se pueden proveer de una alta diversidad de frutos.

No se encontró efecto de los factores sobre la abundancia de aves omnívoras, carnívoras e insectívoras, pero sí se observó que su presencia estuvo relacionada con algunas variables de estructura que presentan las cercas vivas. La abundancia de aves carnívoras estuvo relacionada negativamente con la altura de los árboles, ya que estas especies prefieren lugares despejados para posarse y visualizar sus presas (Holl 1998, Cárdenas *et al.* 2003). Al igual que las aves omnívoras e insectívoras que mostraron preferencias por cercas vivas con árboles altos, desde los cuales podrían visualizar sus presas, sobre todo insectos artrópodos que son presas muy comunes en áreas de potreros (Cárdenas *et al.* 2003). La riqueza de aves carnívoras en las cercas vivas estuvo influenciada positivamente por la longitud de las cercas, teniendo de esta forma una mayor área de movimiento para inspeccionar con mayor frecuencia sus territorios y detectar sus presas.

Se encontró diferencias significativas en el tiempo que las aves permanecían sobre las cercas vivas, observándose que las aves frugívoras, insectívoras, nectarívoras y omnívoras percharon más tiempo en cercas de madero negro que en cercas de poró. Esto pudo deberse a las mejores condiciones estructurales y de composición que presentaron las cercas de madero negro, ya que este tipo de cerca viva puede presentar mayor disponibilidad de alimentos y áreas de protección. Por ejemplo, se observó que el tiempo de percha de las aves frugívoras estaba relacionado positivamente con la riqueza, diversidad y longitud de las cercas vivas, siempre y cuando estas tres variables representen una mayor área de exploración y de alimento para las aves en las cercas vivas de poró. También se pudo observar que las aves insectívoras permanecían más tiempo en cercas vivas con mayor riqueza de árboles, que tenían copas más grandes y que fueron más extensas.

El movimiento de las aves a través de las cercas vivas podría ser otro indicador de la importancia de estos elementos arbóreos para la avifauna. Algunas aves llegaban a las cercas vivas volando paralelamente, mientras que otras atravesaban las cercas vivas y cruzaban de un potrero a otro. De las 123 especies de aves registradas en las cercas vivas se pudo evidenciar que 17 especies llegaron y salieron de las cercas vivas siempre de forma longitudinal o paralela, lo que significa que para estas especies las cercas vivas son corredores que les permiten desplazarse a través del paisaje fragmentado y protegerse ante posibles predadores.

6.3.2 Efectos del nivel de conectividad de las cercas vivas sobre la comunidad aviar

La conectividad de las cercas vivas fue un factor que no influyó en la abundancia, riqueza y la equitatividad de las aves presentes. Sin embargo, la diversidad aviar presentó efecto de interacción entre el tipo de cerca viva y el nivel de conectividad, influenciado por la densidad, el número de especies y el tamaño de la copa de los árboles. Al parecer, el que las cercas vivas presenten una estructura lineal, continua y con conexión a algún fragmento de bosque, no garantiza que las aves las prefieran más; esto se evidenció porque las cercas con doble conectividad presentaron alta diversidad aviar al igual que las cercas libres o sin conexión, pero influenciadas por las características estructurales de las cercas vivas. Según Bennett (2004) la conectividad de un paisaje con hábitats en forma de trampolines (Figura 20) puede permitir el desplazamiento de las aves en el paisaje, más aun si las aves que las conforman son típicas de vegetación secundaria y hábitats abiertos como es el caso de las aves presentes en las cercas vivas de Río Frío.

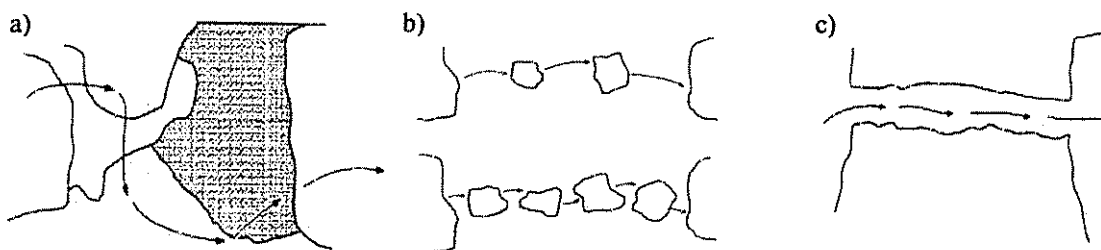


Figura 20. Algunas formas de conectividad del paisaje según Bennett (2004): a) todo el mosaico del paisaje, b) trampolines de varios tamaños y c) corredores de hábitats que proveen conexión continua

La conectividad asociada a la densidad y la riqueza arbórea en cerca vivas de madero negro libre y las conectadas a fragmentos de bosque, influyeron significativamente en la abundancia

de aves típicas de vegetación secundaria, de bosques y de ambientes abiertos. En ambos tipos de cercas vivas la presencia de árboles como *Ficus oerstediana*, *Ficus continifolia*, *Cecropia peltata*, *Lonchocarpus ferruginus* y *Swartzia cubensis* fueron frecuentes y proveían recursos continuamente a las aves que las frecuentaban. Según Price (1999) y Westcott y Grahah (2000), las aves buscan cercas vivas que presenten condiciones similares a la de sus hábitats naturales y con mayor disponibilidad de recursos, por ello la presencia de árboles que proporcionaban frutos en abundancia a lo largo de las cercas vivas pudo ser un atrayente importante para las aves.

La conectividad también influyó en el número de especies de aves de distintos gremios alimenticios presentes en las cercas vivas. Por ejemplo, la riqueza de aves frugívoras fue mayor en cercas vivas de madero negro conectadas a fragmentos de bosques densos y a bosques riparios con mayor riqueza en árboles. Según Gregory *et al.* (1991) y Klapproth y Johnson (2000b) los fragmentos de bosques, sobre todo los bosques riparios, proporcionan recursos de forma más continua que otros hábitats; además que los bosques riparios presentan una combinación entre ecosistemas terrestres y acuáticos, lo que amplía la posibilidad de más hábitats disponibles para las aves.

La conectividad también influyó sobre la riqueza de aves insectívoras, con una mayor concentración de especies de estas aves en cercas de poró libre e interconectadas, las cuales se encontraban distribuidas en potreros donde la actividad pecuaria era más intensiva. Según Bennett (2004) los corredores o elementos en línea son elementos importantes en la movilización de diversas especies de insectos que buscan nuevas áreas para colonizar, sobre todo insectos voladores como los escarabajos. Las cercas de poró por lo general están ubicadas en fincas de alta intensificación (Villacís 2003), que cobijan bajo sus copas ganado vacuno y se convierten en depósitos de grandes cantidades de heces de estos animales. El estiércol, los parásitos que puede tener el ganado y la presencia de las cercas vivas como corredores para el movimiento de los insectos hacia fragmentos de bosques, puede haber atraído también diversas especies de insectos y pueden explicar la presencia de un alto número de especies de aves insectívoras en este tipo de cercas vivas.

6.4 Implicaciones sobre el diseño y uso de las cercas vivas como una estrategia de conservación para aves en agropaisajes

En el presente estudio se observó que el tipo de cerca viva y la conectividad de forma independiente no influyen sobre las poblaciones de aves presentes. En cambio, las características estructurales y florísticas de las cercas vivas si fueron importantes para determinar la comunidad de aves que las frecuentaban.

Otro elemento importante a considerar es que cercas vivas con mayor densidad, riqueza, diversidad arbórea y longitud de las cercas vivas, presentan una alta abundancia, riqueza y diversidad de aves. Por ello si se quiere mejorar el valor de las cercas vivas para la conservación de las aves hay que diversificarlas, aumentar su densidad arbórea y permitir una mayor densidad de árboles altos y con copas grandes.

También se puede afirmar que las cercas vivas con todos los atributos descritos en párrafos anteriores, ya podrían ser consideradas como verdaderos hábitats alternativos para manejar y conservar diversidad aviar, porque hay aves que están utilizando las cercas vivas para reproducirse, alimentarse, comunicarse y para la construcción de sus nidos.

7 CONCLUSIONES

7.1 Vegetación

Las cercas vivas bajo estudio en Río Frío están compuestas por más del 92% por madero negro (*Gliricidia sepium*) y poró (*Erythrina costarricensis*), pero también presentan algunos individuos (8%) de 47 especies arbóreas más, entre remanentes de la vegetación original de la zona y producto de regeneración natural.

Los árboles presentes en las cercas vivas de Río Frío están conformadas por árboles jóvenes, con poda frecuente y con prácticas de chapeo bajo la copa de los árboles. Las prácticas de poda son muy frecuentes en cercas de poró donde principalmente se desarrolla una intensificación ganadera, mientras que en las cercas de madero negro la poda y el chapeo no es una práctica frecuente.

Las cercas vivas de madero negro presentaron mayor densidad, riqueza y diversidad arbórea que las cercas de poró, mientras que la distribución (equitatividad) de los árboles es más uniforme en cercas de poró que en cercas de madero negro.

Los árboles de poró presentan mayor DAP que los árboles de madero negro, pero la longitud de las cercas vivas, el tamaño de la copa y la altura de los árboles fue similar para ambos tipos de cercas vivas. El mayor DAP de los árboles de poró es por que estos presentan una mayor edad que los de madero negro, ya que las prácticas de recambio y replanteo de ramas es una práctica más frecuente en las cercas de madero negro y no así en la cercas de poró, esto, debido a las características radicales propias del poró y del madero negro.

7.2 Aves

Las cercas vivas de Río Frío son frecuentadas por un 30% (n=123 especies) de las aves que existen en la Estación Biológica La Selva (416 especies) y un 14% de las aves de todo el país. Estos elementos arbóreos albergan especies residentes y migratorias (n=7 especies), al igual que especies importantes para la conservación (n=13 especies) según listas de la UICN y del CITES.

Las cercas vivas son frecuentadas en mayor proporción por aves frugívoras e insectívoras y en pequeñas densidades por aves nectarívoras, carnívoras y omnívoras. El 22% de las aves observadas (85 especies) utilizan también las cercas vivas como sitios para alimentarse de frutos, insectos y flores (pólen y nectar), pero por lo general el consumo de insecto y frutos es la actividad predominante.

Las cercas vivas contribuyen en la conservación de las aves, sirviendo como sitios de protección para un 53% de las aves (98 especies) que se refugian entre la copa de los árboles. También en estos elementos arbóreos se refugian un 8% de los individuos que corresponden a 46 especies típicas de bosque. Para un 22% de las aves (17 especies) las cercas vivas son importantes como corredores biológicos, ya que se movilizan de forma paralela a las cercas vivas para trasladarse de un sitio a otro. Por último, las cercas vivas son áreas importantes para la reproducción de un 7% de los individuos, los cuales las utilizan para la construcción de sus nidos.

El desarrollo de las actividades de canto y vuelos de cortejo de las aves en las cercas vivas fueron realizadas más en cercas con poró que en cercas con madero negro, prefiriendo las aves áreas semi-abiertas y con disponibilidad de alimentos. La presencia de nidos en las cercas vivas es un buen indicador de la calidad de hábitat. En Río Frío estuvieron asociadas a cercas vivas con mayor riqueza arbórea, puesto que podría haber una mayor disponibilidad de recursos accesibles en los periodos de reproducción.

En las cercas vivas más extensas, con mayor riqueza y diversidad arbórea las aves perchaban más tiempo para alimentarse de frutos e insectos, lo cual indicaría que las cercas vivas con las características antes mencionadas pueden presentar una mayor cantidad y variedad de recursos disponibles para la alimentación de las aves.

La especie de cerca viva y el nivel de conectividad que presentaban las mismas no mostraron un efecto claro en las poblaciones de aves que las frecuentaron. Sin embargo, se pudo observar que las características florísticas y estructurales de las cercas vivas influyen más en la comunidad de aves presentes que la especie de cerca viva y el nivel de conectividad como tal. También se evidenció que las cercas con mayor altura y con presencia de individuos

arbóreos emergentes, con copas más grandes, densas y con mayor riqueza arbórea presentan mayor diversidad aviar por gremios alimenticios y de hábitats.

Las características de composición y estructura de las cercas vivas influyen sobre la abundancia y riqueza de aves presentes. La altura de los árboles influyó sobre las aves frugívoras y nectarívoras que frecuentaron las cercas vivas, mientras que la riqueza arbórea y la longitud de las cercas vivas influyeron significativamente en las aves insectívoras y omnívoras. También se pudo observar que las aves insectívoras, nectarívoras y omnívoras percharon más tiempo en cercas de madero negro que en cercas de poró.

La conectividad, densidad y riqueza de los árboles que presentaron las cercas vivas influyeron positivamente en la abundancia de aves típicas de vegetación secundaria y de bosque.

8 RECOMENDACIONES

Determinar si utilizando criterios ecológicos en el diseño y manejo de las cercas vivas puede aumentar su valor para la conservación.

Desarrollar investigaciones de las poblaciones de aves migratorias para conocer el efecto de las cercas vivas sobre estas poblaciones y compararlas con las aves residentes, esto con el fin de tener una lista del total de las poblaciones de aves que frecuentan las cercas vivas.

Establecer un protocolo estándar para desarrollar inventarios de aves en cercas vivas y permitir su monitoreo a largo plazo.

Desarrollar criterios en los estándares de PSA que incorporen mejoras en la composición y estructura arbórea de las cercas vivas para incentivar su valor hacia la conservación de la biodiversidad.

Hacer inventarios completos del sotobosque en las cercas vivas y correlacionarlos con las poblaciones de aves que las frecuentan, considerando la edad de las cercas vivas y la periodicidad de chapeo. Todo esto con la finalidad de conocer los procesos de regeneración que puedan tener las cercas vivas en el tiempo y saber qué especies de este estrato son las más importantes para las aves.

Realizar muestreos de aves en áreas boscosas con distintos tamaños y compararlas con las poblaciones de aves que frecuentan las cercas viva, esto para observar cómo las aves usan estas estructuras y su importancia para mantener y conservar la avifauna en un paisaje fragmentado.

Monitorear las poblaciones de aves que frecuentan cercas vivas de otras especies, cercas diversificadas de forma artificial (árboles plantados por los finqueros) y cercas vivas diversificadas por procesos de regeneración natural; además de cercas vivas con distintas edades y extensiones.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Alonzo, Y. 2000. Potential of silvopastoral systems for economic dairy production in Cayo, Belize and constraints for their adoption. Thesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 81 pp.
- Baudry, J; Bunce, R.G, & Burel, F. 2003. Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management. Vol. 60(1):7-22.
- Bennett, A.F. 1990. Habitat corridors and the conservation of small mammals in a fragmented forest environment. *Landscape Ecology*. 4(1/3):109-122.
- Bennett, A.F. 1999. Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. UICN, Gland, Switzerland and Cambridge. 254 pp.
- Bennett, A.F. 2004. Enlazando el paisaje. El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. Traducido por José María Blanch. UICN – Unión Mundial para la Naturaleza. San José, Costa Rica. 278 pp.
- Bierregaard, Jr; Richard, O; Lovejoy, E; Kapos, V; Santos, A, & Hutchings, R. 1992. The biological dynamics of tropical rainforest fragments. A prospective comparison of fragments and continuous forest. *BioScience* 42:859-866.
- Botero, J; Andrade, H; Ibrahim, M; Bouman, B, & Camargo, C. 1999. Modelaje de opciones silvopastoriles sostenibles para el sistema ganadero del doble propósito en el trópico húmedo. *Agroforestería en las Américas* 6 (23):48-50.
- Burel, F. 1996. Hedgerows and their role in agricultural landscapes. *Critical Review in Plant Sciences* 15(2):169-190.
- Burel, F. 1992. Effect of structure and dynamics on species diversity in hedgerow networks. *Landscape Ecology* 6(3):161-174.
- Calvo, G. 1994. Zonas de vida y biodiversidad de Costa Rica. Atlas agropecuario de Costa Rica. San José, Costa Rica. 175 pp.
- Camero, A; Camargo, JC; Ibrahim, M, & Schlonvoigt, A. 2000. Agroforestería y sistemas de producción animal en América Central. En: Intensificación de la Ganadería en Centroamérica: Beneficios Económicos y Ambientales. Eds. Pomareda, C. y Steinfeld. H. CATIE, FAO, SIDE. Turrialba, Costa Rica. pp 177-198.
- Cárdenas, G; Harvey, C; Ibrahim, M, & Finegan, B. 2003. Diversidad y riqueza de aves en diferentes hábitats en un paisaje fragmentado en Cañas, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 10(39-40).78-85.
- CATIE. 1991. *Gliricidia sepium*. Especies de árboles de usos múltiples en América Central. Serie técnica. Informe técnico 80:70 pp

- CATIE. 1996. Silvicultura de especies promisorias para la producción en América Central. Resultados de 5 años de investigación. Serie técnica. Informe técnico 86:207 pp
- Chacón, L.M. 2003. Cercas vivas y sus efectos en la estructura y conectividad en paisajes fragmentados neotropicales. Río Frío, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 107 pp.
- Chang, T.B. 1984. Comportamiento inicial de 23 especies forestales en suelos vertisoles y vérticos de una zona semiárida de Nicaragua. Tesis M.Sc. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 114 pp
- Chao, A, & Lee, M. 1992. Estimating the number of classes via sample coverage. *Journal of the American Statistical Association* 87, 210-217
- Chazdon, R.L; Colwell, R.K; Denslow, J.S, & Guariguata, M.R. 1998. Statistical methods for estimating species richness of woody regeneration in primary and secondary rain forests of NE Costa Rica. Pp. 285-309 in F. Dallmeier and J. A. Comiskey, eds. *Forest biodiversity research, monitoring and modeling: Conceptual background and Old World case studies*. Parthenon Publishing, Paris.
- Chinchilla, V.E. 1987. Atlas cantonal de Costa Rica. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal, San José (Costa Rica). San José, Costa Rica. 396 p.
- Chiple, R; Wallace, G, & Naranjo, L. 2003. Manual para el Monitoreo de Biodiversidad. Proyecto Regional Nicaragua, Costa Rica, Colombia: Aproximaciones Silvopastoriles Integradas para el Manejo de Ecosistemas.
- Colwell, R.K, & Coddington, J.A. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)* 345:101-118.
- Colwell, R.K; C.X. Mao, and J. Chang. 2004. Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology* 85:2717-2727
- Daily, G; Ehrlich, P.R, y Sanchez-Azofeifa, A. 2001. Countryside biogeography: use of human dominated habitats by the avifauna of southern Costa Rica. *Ecological Applications* 11(1):1-13.
- DeRosier, D, & Nielsen, K. 1994. Are agricultural windbreaks passageways to forest. *Tapir Tracks* 9(2):1-2.
- Dirzo, R, & García, M.C. 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical area in southeast Mexico. *Conservation Biology* 6(1):84-90.
- Estrada, A; Coates-Estrada, R & Cammarano, P. 2000. Bird species richness in vegetation fences and in strips of residual rain forest vegetation at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 9:1399-1416.

- Estrada, A; Coates-Estrada, R, & Meritt, J.R. 1997. Anthropogenic landscape changes and avian diversity at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodiversity and Conservation*. Chicago, Illinois, USA. 6:19-43.
- Frank, B, & Salas, E. 2003. Biomass dynamics of *Erythrina lanceolata* as influenced by shoot-pruning intensity in Costa Rica. Printed in the Netherlands. Kluwer Academic Publishers. *Agroforestry Systems* 57: 19-28.
- Galindo-González, J; Guevara, S, & Sosa, V.J. 2000. Bat- and bird-generated seed rains at isolated trees in pastures in tropical rainforest. *Conservation Biology*, 14(6):1693-1703.
- Gobbi, J, & Casasola, F. 2003. Comportamiento financiero de la inversión en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. Vol. 10(39-40):52-60.
- Greenberg, R; Bichier, P & Sterling, J. 1997b. Acacia, cattle, and migratory birds in southeastern Mexico. *Biological Conservation*, 80, 235–247.
- Gregory, S.V.; Swanson, F.J.; Mckee, W.A.; Cummins, K.W. 1991. An ecosystem perspective of riparian zone. *BioScience* 41(8): 540-551
- Guevara, S; Meave, J; Moreno-Casasola, P, & Laborde, J. 1992. Floristic composition and structure of vegetation under isolated trees in Neotropical pastures. *Journal of Vegetation Science* 3:655-664.
- Haas, C.A. 1995. Dispersal and use of corridors by birds in wooded patches on an agricultural landscape. *Conservation Biology* 9(4):845-854.
- Harvey, C.A. 2000a. The colonization of agricultural windbreaks by forest trees: effects of connectivity and remnant trees. *Ecological Applications* 10:1762-1773.
- Harvey, C.A. 2000b. Windbreaks enhance seed dispersal into agricultural landscapes in Monteverde, Costa Rica. *Ecological Applications* 10:155-173.
- Harvey, C; Villanueva, C; Villacís, J; Chacón, M; Muñoz, D; López, M; Ibrahim, M; Gómez, R; Taylor, R; Martínez, J; Navas, A; Sáenz, J; Sánchez, D; Medina, A; Vilches, S; Hernández, B; Péres, A; Ruiz, F; López, F; Lang, I; Kunth, S, & Sinclair, F. 2003. Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. En *Agroforestería de las Américas*. Vol. 10(39-40):30-40.
- Harvey, C, & Haber, W. 1999. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican Pastures. *Agroforestry Systems* 44: 37-68.
- Hill, M.O. 1973. Diversity and evenness: A unifying notation and its consequences. *Ecology* 54:427-432.

- Holl, K.D. 1998. Do perching structures elevate seed rain and seedling establishment in abandoned tropical pasture? *Restoration Ecology* 6(3):253-261.
- Hutto, R.L; Pletschet, S.M, & Hendricks. 1986. A fixed-radius point count method for non-breeding and breeding season use. *Auk* 103:593-602.
- Ibrahim, M; Schlonvoigt, A. 1999. Silvopastoral systems for degraded lands in the humid tropics. Environmental friendly silvopastoral alternatives for optimizing productivity of livestock farms: CATIE experience. *Actas de la IV Semana Científica. CATIE.* 6-9:277-282.
- InfoStat 2004. InfoStat, versión 1.6. Manual del Usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Primera Edición, Editorial Brujas Argentina.
- Johns, A.D. 1991. Response of Amazonian rain forest birds to habitat modification. *Journal of Tropical Ecology* 7: 417-437.
- Johnson, R.J, & Beck, M. 1988. Influences of shelterbelts on wildlife management and biology. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 22/23:301-335
- Joyce, K.A; Holland, J.M & Doncaster, C.P. 1999. Influences of hedgerow intersections and gaps on the movement of carabid beetles. *Bulletin of Entomological Research* 89:523-531.
- Keyser, A.J; Hill, G.E, & Soehren, E.C. 1998. Effects of forest fragment size, nest density, and proximity to edge on the risk of predation to ground-nesting passerine birds. *Conservation Biology* 16(5):986-994.
- Kimber, S; Bennett, A, & Ryan, P. 1999. Revegetation and Wildlife. What do we know about revegetation and wildlife conservation in Australia?. Report to Environment Australia. Deakin University, Victoria. 39 P.
- Klapproth, J.C, & J.E, Johnson. 2000b. Understanding the science behind riparian forest buffers: Effects on plant and animal communities. Publ: 420-152. Virginia Cooperative Extension, Blacksburg, VA.
- Lang, I; Gormley, H.L; Harvey, C, & Sinclair, L.F. 2003. Avian community composition and use of live fences in Rio Frio. *Agroforesteria en las Americas.* Vol. 10(39-40): 45-50.
- Magurran, A.E. 1986. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. New Jersey. 165 pp.
- McAlece, N. 1998. Biodiversity Profesional Beta. The Natural History Museum & The Scottish Association for Marine Science. Fotware on Line.

- Méndez, E.B; Faustino, J, & Otárola, A. 2000. Plantación de árboles en línea. Otárola A. Cercas Vivas. Colección módulo de enseñanza Agroforestal. No 1. Centro Agronómico de Investigación y enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 101-134.
- Milán de la Peña, N; Butet, A; Delettre, Y; Morant, P, & Burel, F. 2003. Landscape context and carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) communities of hedgerows in western France. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 94: 59–72.
- Miranda, J.M. 1991. Evaluación de gramíneas y leguminosas: establecimiento y producción en época máxima y mínima de precipitación en la zona de Río Frío. Tesis Ing. Agr. San José, Costa Rica. 95 P.
- Molano, J.G; Quisenó, M, & Roa, C. 2002. El papel de las cercas vivas en un sistema de producción agropecuaria en pie de monte llanero. FAO-Agroforestería para la producción animal en América Latina II. Memoria de la 2da conferencia electrónica (Agosto 2000-Marzo 2001). 40-53.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragments: implications for conservation. *Tree* 10(2):58-62.
- Murgueitio, E. 2000. Sistemas agroforestales para la producción ganadera en Colombia. *Pastos y forrajes*. 6(23):51-53.
- Naranjo, L.G. 1992. Estructura de la avifauna en un área ganadera en el Valle del Cauca, Colombia. *Caldasia* 17:55-66.
- Naranjo, L.G. 1994. Composición y estructura de la avifauna del Parque Regional Natural Ucumarí. Ucumarí: Un caso típico de la biodiversidad biótica. J.O. Rangel editor. Corporación Autónoma Regional de Risaralda. 305-325.
- Otárola, A. 1995. Cercas vivas de madero negro: práctica agroforestal para sitios con estación seca marcada. *Agroforestería de las Américas*. 2 (5):24-27.
- Pimentel, D; Stachow, U; Takacs, D.A; Brubaker, HW; Dumas, A.R; Meaney, J.J; O'neil, JAS; Onsi, D.E, & Corzilius, D.B. 1992. Conserving Biological Diversity in Agricultural/Forestry Systems. *BioScience* 42:354-362.
- Pla, L, & Matteucci, S.D. 2001. Bootstrap confidence intervals for Shannon biodiversity. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 18:222-234.
- Price, O.F; Woinarski, J.C, & Robinson, D. 1999. Very large areas requirements for frugivorous birds in monsoon rainforest of the Northern Territory, Australia. *Biological Conservation* 91:169-180.
- Ralph, J.C; Geupel, R.G; Pyle, P; Martin, T.E; Desante, F.D, & Milá, B. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR 159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 44pp.

- Renjifo, L.M & Andrade, G. 1987. Estudio comparativo de la composición y estructura de la avifauna entre un bosque andino primario y uno de crecimiento secundario en el Quindío. Memorias III congreso de ornitología neotropical. Cali Colombia.
- Reynolds, R. T; Scout, J.M & Nussbaum, R.A. 1980. A variable circular-plot method for estimating bird numbers. *Condor* 82:309-313.
- Saunders, D.A; Hobbs, R, & Margules, C.R. 1991. Biological Consequences of Ecosystems Fragmentation: A Review. *Conservation Biology*. 5(1):18-32.
- Sekercioglu, C.H; Ehrlich, P.R; Daily, G.C; Aygen, D; Goehring, D, & Sandi, R.F. 2001. disappearance of insectivorous birds from tropical forest fragments. *Ecology*. Vol. 99:8(1):263-267.
- Sparks, T.H; Parish, T, & Himchley, S.A. 1996. Breeding birds in field boundaries in an agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 60:1-8.
- Stiles, F.G, & A.F. Skutch. 1989. *A Guide to the Birds of Costa Rica*. Cornell University Press, Ithaca, New York. 511 pp.
- Souza de Abreu, M.; Ibrahim, M, & Sales, S. 1998. Árboles en pastizales y su influencia en la producción de leche. In 1 Congreso latinoamericano sobre agroforestería para la producción Sostenible. Cali, Colombia. 68 p.
- Szott, L; Ibrahim, M, & Beer, J. 2000. The hamburger connection hangover: cattle. Pasture land degradation and alternative land use in Central América. Serie Técnica. Informe Técnico No. 313. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Villacís, J. 2003. Relaciones entre la cobertura arbórea y el nivel de intensificación de las fincas ganaderas en Río Frío, Costa Rica. Tesis M.Sc. CATIE.150 pp.
- Westcott, D.A, & Graham, D.L. 2000. Patterns of movement and seed dispersal of a tropical frugivore. *Oecología* 122:249-257.
- Znajda, S.K. 2000. Conservación de hábitat, diversidad de aves y agroecosistemas de Café en Costa Rica. Master of Environmental Studies. Coloquio Internacional Desarrollo Sustentable, Participación Comunitaria y Conservación de la Biodiversidad en México y América Latina. York University, Canadá. 22 p.

10 ANEXOS

Anexo1. Referencia de la ubicación de las cercas vivas y de los puntos de observación de aves en Río Frio, Costa Rica.

Bloques	Nº cerca	Tipo de cerca	Puntos
Bloque1	1	Poró1	1-5
	2	Poró2	6-7
	3	Poró3	8
	4	Poró4	9
	5	Poró5	10-13
Bloque2	6	Madero1	14-15
	7	Madero2	16-17
	8	Madero3	18-19
	9	Madero4	20-25
	10	Madero5	26-28
	11	Madero6	29-31
Bloque3	12	Madero7	32-33
	13	Madero8	34-56
	14	Madero9	57-59
	15	Madero10	60-70
Bloque4	16	Poró6	71-73
	17	Poró7	74-76
	18	Madero11	77-78
	19	Madero12	79-81
	20	Poró8	82-85
Bloque5	62	Poró31	189-193
	21	Madero13	86-87
	22	Madero14	88-89
	23	Madero15	90-92
	24	Poró9	93-95
	25	Poró10	96-98
	26	Poró11	99
	27	Madero 16	100-101
	28	Poró12	102
	29	Madero17	103-105
	30	Poró13	106-107
	31	Poró14	108-110
32	Poró15	111-112	

Bloques	Nº cerca	Tipo de cerca	Puntos	
Bloque6	33	Madero18	113-115	
	34	Madero19	116-117	
	35	Madero20	118-120	
	36	Madero21	121-123	
	37	Madero22	124-126	
	38	Madero23	127-129	
	39	Madero24	130	
	Bloque7	40	Madero25	131-132
		41	Madero26	133-134
42		Madero27	135-138	
43		Madero28	139-142	
44		Madero29	143	
45		Madero30	144-148	
46		Poró16	149-150	
47		Poró17	151-152	
48		Poró18	153-155	
49		Poró19	156-158	
50		Poró20	159-163	
Bloque8	51	Poró21	164-166	
	52	Poró22	167-168	
	53	Poró23	169-170	
	54	Poró24	171-173	
	55	Madero31	174-176	
	56	Poró25	177-178	
	57	Poró26	179-180	
	58	Poró27	181-182	
	59	Poró28	183-184	
	60	Poró29	185-186	
	61	Poró30	187-188	

.....continuación.

Nombres y coordenadas de los puntos de observaciones de aves (n=193) en las cercas vivas (n=62) en Río Frío, Costa Rica.

Número de punto	X	Y	Número de punto	X	Y	Número de punto	X	Y
M14 88	10.2904482	-83.90533	Mn2 p16	10.2630167	-83.93460	Mn30 p148	10.2855492	-83.90879
M14 89	10.2905158	-83.90487	Mn2 p17	10.2634687	-83.93459	Mn31 p174	10.3264132	-83.93166
M15 p90	10.2916270	-83.90562	Mn20 118	10.2838660	-83.90341	Mn31 p175	10.3264857	-83.93212
M15 p91	10.2916088	-83.90517	Mn20 119	10.2834092	-83.90346	Mn31 p176	10.3265620	-83.93258
M15 p92	10.2915927	-83.90471	Mn20 120	10.2829590	-83.90350	Mn4 p20	10.2678852	-83.93309
Mn 1 p14	10.2604485	-83.93558	Mn21 p121	10.2836675	-83.90171	Mn4 p21	10.2674332	-83.93310
Mn 1 p15	10.2608967	-83.93555	Mn21 p122	10.2832270	-83.90182	Mn4 p22	10.2669820	-83.93310
Mn10 p60	10.2736712	-83.93301	Mn21 p123	10.2827892	-83.90192	Mn4 p23	10.2665387	-83.93311
Mn10 p61	10.2734050	-83.93263	Mn22 p124	10.2820225	-83.90087	Mn4 p24	10.2660942	-83.93311
Mn10 p62	10.2731438	-83.93226	Mn22 p125	10.2819205	-83.90043	Mn4 p25	10.2656478	-83.93311
Mn10 p63	10.2728825	-83.93188	Mn22 p126	10.2818203	-83.89998	Mn5 p26	10.2668400	-83.93214
Mn10 p64	10.2726163	-83.93152	Mn23 p127	10.2799253	-83.90178	Mn5 p27	10.2672920	-83.93213
Mn10 p65	10.2723550	-83.93114	Mn23 p128	10.2798777	-83.90132	Mn5 p28	10.2677450	-83.93211
Mn10 p66	10.2724723	-83.93091	Mn23 p129	10.2798318	-83.90086	Mn6 p29	10.2678585	-83.93108
Mn10 p67	10.2729330	-83.93086	Mn24 p130	10.2797937	-83.90298	Mn6 p30	10.2678032	-83.93061
Mn10 p68	10.2733850	-83.93082	Mn25 p131	10.2847385	-83.91373	Mn6 p31	10.2677755	-83.93015
Mn10 p69	10.2738380	-83.93078	Mn25 p132	10.2842942	-83.91380	Mn7 p32	10.2745782	-83.93427
Mn10 p70	10.2742902	-83.93074	Mn26 p133	10.2841835	-83.91277	Mn7 p33	10.2748653	-83.93464
Mn11 p77	10.2725868	-83.92166	Mn26 p134	10.2841043	-83.91232	Mn8 p34	10.2756605	-83.93308
Mn11 p78	10.2726192	-83.92120	Mn27 p135	10.2838202	-83.91045	Mn8 p35	10.2759475	-83.93343
Mn12 p79	10.2729845	-83.92046	Mn27 p136	10.2837123	-83.91000	Mn8 p36	10.2762347	-83.93379
Mn12 p80	10.2734298	-83.92053	Mn27 p137	10.2836047	-83.90955	Mn8 p37	10.2765168	-83.93414
Mn12 p81	10.2738838	-83.92060	Mn27 p138	10.2834988	-83.90910	Mn8 p38	10.2768068	-83.93450
Mn13 86	10.2862758	-83.90378	Mn28 p139	10.2843608	-83.90882	Mn8 p39	10.2767743	-83.93483
Mn13 87	10.2867002	-83.90364	Mn28 p140	10.2844392	-83.90928	Mn8 p40	10.2763728	-83.93504
Mn16-p100	10.2929392	-83.90236	Mn28 p141	10.2845153	-83.90972	Mn8 p41	10.2759590	-83.93524
Mn16-p101	10.2930298	-83.90191	Mn28 p142	10.2845917	-83.91017	Mn8 p42	10.2755490	-83.93545
Mn17 p103	10.2927132	-83.90127	Mn28 p143	10.2846690	-83.91062	Mn8 p43	10.2751445	-83.93565
Mn17 p104	10.2922620	-83.90131	Mn29 p143	10.2857772	-83.91194	Mn8 p44	10.2747383	-83.93585
Mn17 p105	10.2918282	-83.90134	Mn3 p18	10.2675305	-83.93456	Mn8 p45	10.2743387	-83.93606
Mn18 p113	10.2852793	-83.90688	Mn3 p19	10.2679873	-83.93456	Mn8 p46	10.2739315	-83.93626
Mn18 p114	10.2851868	-83.90643	Mn30 p144	10.2857037	-83.91063	Mn8 p47	10.2735272	-83.93646
Mn18 p115	10.2850913	-83.90598	Mn30 p145	10.2856655	-83.91016	Mn8 p48	10.2731247	-83.93667
Mn19 p116	10.2839613	-83.90623	Mn30 p146	10.2856283	-83.90971	Mn8 p49	10.2727232	-83.93687
Mn19 p117	10.2839288	-83.90577	Mn30 p147	10.2855845	-83.90925	Mn8 p50	10.2723207	-83.93707

.....Continuación

Número de punto	X	Y
Mn8 p51	10.2719222	-83.93727
Mn8 p52	10.2715197	-83.93748
Mn8 p53	10.2711115	-83.93768
Mn8 p54	10.2707157	-83.93788
Mn8 p55	10.2703008	-83.93809
Mn8 p56	10.2698975	-83.93829
Mn9 p57	10.2771168	-83.93303
Mn9 p58	10.2775250	-83.93282
Mn9 p59	10.2779237	-83.93260
P10 p96	10.2936230	-83.90570
P10 p97	10.2935620	-83.90524
P10 p98	10.2934972	-83.90480
P11 p99	10.2930527	-83.90328
P12 i02	10.2938318	-83.90300
P13 p106	10.2921295	-83.90348
P13 p107	10.2918845	-83.90309
P14-p108	10.2915983	-83.90390
P14-p109	10.2911502	-83.90397
P14-p110	10.2907047	-83.90406
P15 p111	10.2897978	-83.90410
P15 p112	10.2893438	-83.90412
P16 p149	10.2892457	-83.90919
P16 p150	10.2896805	-83.90931
P17 p151	10.2906770	-83.90946
P17 p152	10.2911243	-83.90952
P18 p153	10.2912283	-83.91198
P18 p154	10.2907820	-83.91198
P18 p155	10.2903290	-83.91198
P19 p156	10.2890405	-83.91470
P19 p157	10.2894907	-83.91467
P19 p158	10.2899447	-83.91465
P1-p1	10.2224340	-83.91584
P1-p2	10.2224055	-83.91538

Número de punto	X	Y
P1-p3	10.2223730	-83.91492
P1-p4	10.2223482	-83.91444
P1-p5	10.2223158	-83.91398
P20 p159	10.2906895	-83.91483
P20 p160	10.2906265	-83.91528
P20 p161	10.2905673	-83.91574
P20 p162	10.2905053	-83.91620
P20 p163	10.2904443	-83.91665
P21 p164	10.2919197	-83.91663
P21 p165	10.2923737	-83.91659
P21 p166	10.2928277	-83.91655
P21 p169	10.2924995	-83.91232
P22 p167	10.2918482	-83.91540
P22 p168	10.2922592	-83.91521
P23 p169	10.3239383	-83.92606
P23 p170	10.3239190	-83.92648
P24 p171	10.3239975	-83.93136
P24 p172	10.3239660	-83.93182
P24 p173	10.3239337	-83.93227
P25 p177	10.3369040	-83.92601
P25 p178	10.3373465	-83.92601
P26 p179	10.3373522	-83.92555
P26 p180	10.3369107	-83.92555
P27 p181	10.3369345	-83.92509
P27 p182	10.3373817	-83.92510
P28 p183	10.3373703	-83.92469
P28 p184	10.3369230	-83.92468
P29 p185	10.3369135	-83.92422
P29 p186	10.3373588	-83.92425
P2-p6	10.2222710	-83.91327
P2-p7	10.2222377	-83.91281
P30 p187	10.3383465	-83.92445
P30 p188	10.3383598	-83.92493

Número de punto	X	Y
P31 p189	10.2872591	-83.91048
P31 p190	10.2872209	-83.91001
P31 p191	10.2871838	-83.90955
P31 p192	10.2871399	-83.90910
P31 p193	10.2871046	-83.90864
P3-p8	10.2221727	-83.91208
P4-p9	10.2221032	-83.91116
P5-13	10.2219715	-83.90878
P5-p10	10.2220412	-83.91014
P5-p11	10.2220212	-83.90968
P5-p12	10.2219925	-83.90922
P6 p71	10.2707987	-83.92677
P6 p72	10.2703418	-83.92682
P6 p73	10.2698793	-83.92686
P7 p74	10.2711095	-83.92152
P7 p75	10.2710257	-83.92107
P7 p76	10.2709447	-83.92063
P8-p82	10.2862740	-83.90605
P8-p83	10.2861338	-83.90562
P8-p84	10.2859917	-83.90519
P8-p85	10.2858495	-83.90475
P9 p93	10.2926750	-83.90571
P9 p94	10.2926397	-83.90525
P9 p95	10.2926063	-83.90479

ANEXO 2. Manual preliminar para el desarrollo de inventario en cerca vivas para tres países (Colombia, Nicaragua y Costa Rica). Aclaraciones desarrolladas en el taller anual del proyecto Fragment en Noviembre del 2003. CATIE, Costa Rica.

**Conclusiones de la reunión de evaluación de aves
(Por David Fajardo con comentario de Rob Chipley)**

1 Selección de puntos / parcelas en los usos de suelo

Se deberán identificar para cada de las unidades de paisaje su importancia en términos de su capacidad para soportar distintas comunidades de aves. Los investigadores a cargo del monitoreo deberán entonces cubrir diferentes hábitats, incluyendo todas las unidades de paisaje que se presentan en el Cuadro 1.

El muestreo de la biodiversidad lo realizaremos a nivel uso del suelo. Seleccionaremos fincas preferiblemente con usos del suelo con áreas mayores a una hectárea, en las cuales encontremos el mayor número de usos del suelo posible. Dichas fincas las listaremos en orden de mayor a menor número de usos del suelo por finca, teniendo en cuenta para el monitoreo aquellas con el mayor número de usos de características similares, las que finalmente seleccionaremos al azar, esperando que dichas fincas representen adecuadamente el total del hábitats estudiados. En algunos casos no se puede encontrar ejemplos de ciertos usos con áreas mayores a una hectárea (bancos forrajeros). En tales casos se usarán los ejemplos disponibles.

Para minimizar esfuerzos agruparemos los tipos de uso del suelo encontrados, por grado de similitud para la conservación de la diversidad (ver cuadro 1 para la lista de usos).

Seleccionaremos 8 parcelas de muestra por cada tipo de uso de suelo, en dichas parcelas evaluaremos tanto la avifauna como la vegetación presentes.

Evitaremos las repeticiones de un mismo uso en una finca particular, por lo que, si existe la posibilidad de tener un mismo tipo de hábitat en la finca, la parcela a evaluar la escogeremos al azar.

Anexo 1.1. Tipos de uso del suelo, presencia del uso por país y número con el que se ha clasificado el uso del suelo (Murgueitio, *et al.* 2003)

#	Uso del suelo	Nica	CR	Col
3 y/6 4?	Pastura sin árboles	x	x	x
6	Pastura natural con baja densidad de árboles	x	x	x
14	Pastura natural con alta densidad de árboles	x	x	x
12	Pastura mejorada con baja densidad de árboles	x	x	x
20	Pastura mejorada con alta densidad de árboles	x	x	x
8?	Cerca viva establecida (sin manejo)	x	x	x
8 also?	Cerca viva nueva o y con podas frecuentes (con manejo)	x	x	x
25	Banco forrajero de leñosas o Sistema silvopastoril intensivo	x	x	x
15	Plantación de frutales.		x	x
18?	Plantaciones forestales.		x	
21	Bosque o plantación de guadua o bambú			x
23	Sucesión vegetal (tacotal)	x	x	x
24	Bosque ripario o ribereño	x	x	x
26 y/6 27?	Bosque secundario.	x	x	x
28	Bosque primario	x	x	x

El centro de las parcelas de muestreo se ubicará en el centro del uso del suelo con lo que minimizaremos el efecto de borde en la misma. Igualmente el centro de la parcela de observación de aves coincide con el centro de la parcela de evaluación de vegetación.

Registramos las parcelas con un sistema de posicionamiento global (GPS por sus siglas en inglés) para ser incluidas en un mapa elaborado con sistemas de información geográfica (SIG) usando el programa Arcview. Este paso es muy importante en esta primera fase del proyecto, pues nos permite saber con la exactitud el área que representa cada tipo de hábitat.

2 Conteos de las aves

El horario de observación será entre las 6 y las 10 de la mañana, coincidiendo con la hora de mayor actividad de las aves. Las observaciones las realizaremos en puntos de conteo de 25 metros de radio durante 10 minutos, haciendo la observación desde el centro de la parcela. Cada vez que se llegue a un punto de conteo se dejarán pasar 5 minutos, con el fin que las aves se acostumbren a nuestra presencia.

Registraremos todas las especies observadas y oídas, teniendo en cuenta el número de individuos al interior y al exterior de las parcelas circulares, y describiremos la actividad desarrollada por el ave, sexo y edad si es posible determinarlo. En un listado separado registraremos las aves sobre-volantes. Estas aves no van a ser consideradas en el análisis de la biodiversidad del uso de suelo porque no están haciendo uso de él directamente.

3 Conteos experimentales en cercas vivas

En los censos de aves en cercas vivas se realizará una modificación al muestreo para hacerlo más acorde con la forma y estructura de la cerca viva. Para ello la muestra se tomará en una parcela de 200 metros de largo por 2 metros de ancho (0,04 ha o 400 m²). Usaremos los ejemplos más rectos que hay. Por supuesto las condiciones en los tres países son distintas. Por ejemplo generalmente no se encuentran cercas vivas en Colombia, y por eso puede ser que no existan suficientes ejemplos de este tipo para obtener resueltas significadas. Si no se pueden localizar ejemplos de cercas vivas de 200 metros de largo, usaremos los ejemplos más largos que se pueden localizar.

En dicha parcela de 200 metros se dispondrán 4 puntos de conteo. El primero de estos puntos estará a 25 m del borde (en otras palabras del término) de la parcela y estará separado del centro del punto siguiente por 50 m, usaremos dicho centro para realizar la observación.

El tiempo de observación cada uno de los puntos mencionados será de 2,5 minutos. Registraremos solamente las aves que se observan haciendo uso de la cerca viva. Excepto en uno de los dos puntos centrales, en el cual realizaremos el censo como se hace en punto de conteo normal de 10 minutos. Anotando explícitamente el momento en el que pasan 2,5 minutos iniciales en la planilla. En la planilla diferenciaremos las aves que se encuentren al interior o al exterior de los 25 m desde el centro del punto, igualmente diferenciaremos las aves que utilizan la cerca de aquellas que no la usan.

El objetivo es comparar si existen diferencias significativas en un conteo a lo largo de la cerca viva o en un conteo de punto circular. [I take it that if there are no significant differences, then the center point and 10 minutes will be the standard, right?]

4 Descripción de la vegetación

Las distintas unidades del paisaje identificadas para el muestreo deberán ser caracterizadas principalmente en cuanto a la estructura de la vegetación

La metodología de muestreo de la vegetación es generalmente usada en estudios ornitológicos. La estructura de la vegetación será cuantificada en cada uso del suelo usando una variación del los

métodos descritos por James y Shugart (1970), Noon (1981), Schemske y Brokaw (1981), y Wunderle y Waide (1993).

La estructura de la vegetación será evaluada en el año 1 o establecimiento de la línea base, en el año 3 y en año 5 o año final del estudio. En cada uno de estos años la vegetación se medirá cuando el follaje de los árboles y arbustos esté completo. [Eventually we need a section here on how to analyze the changes]

Colectaremos los datos de estructura en parcelas de 20 x 20 metros (400 m² o 0.04 ha), cuyo centro será el mismo de los puntos de observación de aves. En todos los casos el centro de la parcela estará alejado del borde del uso del suelo por lo menos 50 metros. Las esquinas de cada parcela las orientaremos hacia cada punto cardinal.

En cada parcela contaremos el número de árboles presentes, a los cuales se les asignará una de siete categorías de diámetro a la altura del pecho (DAP, 1,3 m), la asignación de cada categoría se realiza por medio de una regla marcada con las mismas así: S: > 3-8 cm., A: > 8-15 cm., B: > 15-23 cm., C: > 23-38 cm., D: > 38-53 cm., E: > 53-69 cm., F: > 69-84 cm.

La densidad del follaje se medirá en 20 puntos de cada parcela, 5 en cada transecto de 14,1 m alienados con cada eje de la misma. La medición de la densidad se evalúa en categorías de altura de 0,5 m., cuantificando la presencia o ausencia de follaje, de acuerdo con la cantidad de follaje vivo que toque cada categoría mencionada en un tubo de 3,0 m colocado verticalmente en cada punto.

Las categorías superiores a 3 m serán estimadas a lo largo del tubo y la presencia o ausencia del follaje en cada intervalo usando un rangefinder óptico, por encima de 6 m los intervalos serán: 3-4 m, 4-6 m, 6-8 m, 10-12 m, 12-15 m, y 15-20 m.

La densidad de arbustos con DAP \leq 3 cm., será estimada al contar el número de estos que toquen a el observador a la altura del pecho, al caminar con sus brazos abiertos a lo largo de los cuatro transectos de 14,1 m alineados con cada eje de la parcela.

Average canopy height on each plot will be calculated from the heights of eight canopy trees measured with a clinometer.[guidelines as to picking these 8 canopy trees? Pick the 8 tallest] Percent canopy cover and ground cover will be derived from 5 positive or negative readings through an ocular tube along each of the plot axes, for a total of 20 readings/plot. Grass, tree and understorey shrub species composition will be determined by informal inspection. [Why still in English? Perhaps one of you could translate.]

En cuanto a los bancos forrajeros, es preferible evaluar bancos de leñosas y no los de corte, por la dificultad que ofrece su evaluación, debido a la elevada densidad y la altura de las plantas lo que generaría un margen de error bastante alto.

5 Cercas vivas

Realizaremos una modificación en la forma de las parcelas de toma de datos de estructura de la vegetación para hacerlo más acorde con la forma y estructura de la cerca viva. Para ello la muestra se tomará en una parcela de 200 metros de largo por 2 metros de ancho (0,04 ha o 400 m²).

En cada parcela contaremos el número de árboles presentes, a los cuales se les asignará una de siete categorías de diámetro a la altura del pecho (DAP, 1,3 m), la asignación de cada categoría se realiza

por medio de una regla marcada con las mismas así: S: > 3-8 cm., A: > 8-15 cm., B: > 15-23 cm., C: > 23-38 cm., D: > 38-53 cm., E: > 53-69 cm., F: > 69-84 cm.

La densidad del follaje se medirá en 20 puntos a lo largo de la cerca viva, uno cada 10 m. La medición de la densidad se evalúa en categorías de altura de 0,5 m., cuantificando la presencia o ausencia de follaje, de acuerdo con la cantidad de follaje vivo que toque cada categoría mencionada en un tubo de 3,0 m colocado verticalmente en cada punto.

Las categorías superiores a 3 m serán estimadas a lo largo del tubo y la presencia o ausencia del follaje en cada intervalo usando un rangefinder óptico, por encima de 6 m los intervalos serán: 3-4 m, 4-6 m, 6-8 m, 10-12 m, 12-15 m, y 15-20 m.

La densidad de arbustos con $DAP \leq 3$ cm., será estimada al contar el número de estos que toquen a el observador a la altura del pecho, al caminar con sus brazos abiertos a lo largo de los 200 m de la cerca viva (desde que el observador se quedará a un lado u otro de la cerca, será necesario extrapolar como si fuera caminando a lo largo de una línea dentro de la cerca).

Diferenciaremos las cercas vivas cercas vivas manejadas (con podas temporales) y las cercas vivas permanentes (sin podas) debido a que los distintos manejos implican diferencias en el tipo de estructura.

6 Bosques riparios

Si los bosques riparios son estrechos se adoptará la metodología usada para cercas vivas.

7 Plan de Trabajo para Cada socio

Los tiempos recomendados para las visitas son diciembre-febrero, marzo-mayo y junio-agosto. Los meses de monitoreo serán:

Para Nicaragua: 1 de diciembre de 2003 a 5 de febrero de 2004 (durante la presencia de migratorias no reproductivas), 15 de marzo a mayo 15 de 2004 (estación reproductiva), y 15 de junio a 15 de agosto de 2004 (estación post-reproductiva).

Contando con el 100% de las bases de datos de Arcview y de encuestas analizadas por el grupo de trabajo socioeconómico.

Para Costa Rica: 1 de diciembre de 2003 a 5 de febrero de 2004, 15 de marzo a mayo 15 de 2004, y 15 de junio a 15 de agosto de 2004.

Contando con el 90% de las bases de datos de Arcview y el 100% de encuestas analizadas por el grupo de trabajo socioeconómico.

Para Colombia: 1 de enero al 21 de febrero de 2004, 15 de marzo a mayo 15 de 2004, y 15 de junio a 15 de agosto de 2004.

Contando con el 90% de las bases de datos de Arcview y el 100% de encuestas analizadas por el grupo de trabajo socioeconómico, suministradas por CIPAV a diciembre 15, momento desde el cual se seleccionarán las parcelas de muestreo.

8 Análisis de información y presentación de informes

Las organizaciones contratistas encargadas del monitoreo de biodiversidad deberán hacer el análisis preliminar de los datos de campo, elaborar las tablas de datos correspondientes y preparar informes narrativos trimestrales. La información sistematizada en esta forma deberá ser puesta a disposición del equipo coordinador del proyecto en el sitio web diseñado al efecto por LEAD. La recopilación de los informes de los tres países y su interpretación definitiva incluyendo análisis comparativos más detallados será hecha por el coordinador del programa de monitoreo de biodiversidad asignado por American Bird Conservancy.

Bibliografía (Adicional)

Murgueitio, E., M. Ibrahim, E. Ramírez, A. Zapata, C.E. Mejía y F. Casasola. 2003. Usos de la Tierra en Fincas Ganaderas: Guía para el pago de servicios ambientales en el proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas. CIPAV, CATIE, NITLAPAN. Cali – Colombia.

ANEXO 3. Porcentaje y frecuencia de los árboles y arbustos presentes en las cercas vivas por nivel de conectividad en Río Frío, Costa Rica.

Familia	Genero y especie	BO	DC	IN	LI	RI	N° árboles	%	Frecuencia
Moraceae	<i>Artocarpus communis</i>	0	0	1	0	0	1	0.02	1
Apocynaceae	<i>Aspidosperma excelsum</i>	0	0	0	1	0	1	0.02	1
Moraceae	<i>Brosimum lactescens</i>	0	0	0	1	0	1	0.02	1
Clusiaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i>	1	0	0	0	0	1	0.02	1
Fabaceae	<i>Cassia reticulata</i>	0	1	0	0	0	1	0.02	1
Rutaceae	<i>Citrus aurantifolia</i>	0	0	0	0	1	1	0.02	1
Fabaceae	<i>Dipteryx panamensis</i>	0	1	0	0	0	1	0.02	1
Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	0	0	1	0	0	1	0.02	1
Moraceae	<i>Ficus oerstediana</i>	0	0	0	1	0	1	0.02	1
Meliaceae	<i>Guarea rhopalocarpa</i>	0	1	0	0	0	1	0.02	1
Tyliaceae	<i>Luehea seemanni</i>	0	0	0	1	0	1	0.02	1
Bombacaceae	<i>Pseudobombax septenatum</i>	1	0	0	0	0	1	0.02	1
Humiriaceae	<i>Sacoglottis trichigyna</i>	0	0	0	1	0	1	0.02	1
Simaroubaceae	<i>Simaruba glauca</i>	0	0	1	0	0	1	0.02	1
Anacardiaceae	<i>Spondias dulcis</i>	0	0	0	1	0	1	0.02	1
Rubiaceae	<i>Stryphnodendron macrostachyum</i>	0	0	0	1	0	1	0.02	1
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i>	0	0	0	1	0	1	0.02	1
Verbenaceae	<i>Tectona grandis</i>	0	0	0	0	1	1	0.02	1
Apocynaceae	<i>Zanthoxylum kellermanii</i>	0	0	0	1	0	1	0.02	1
Euphorbiaceae	<i>Alchornea latifolia</i>	0	2	0	0	0	2	0.03	1
Fabaceae	<i>Bauhinia sp.</i>	0	0	0	2	0	2	0.03	1
Moraceae	<i>Cecropia peltata</i>	0	0	0	2	0	2	0.03	1
Clethraceae	<i>Clethra sp.</i>	0	0	0	2	0	2	0.03	1
Fabaceae	<i>Cojoba arborea</i>	0	0	2	0	0	2	0.03	1
Fabaceae	<i>Erithryna poepigiana</i>	0	0	2	0	0	2	0.03	1
Fabaceae	<i>Abarema acreana</i>	1	0	1	0	0	2	0.03	2
Fabaceae	<i>Platymiscium pleiostachyum</i>	0	0	1	0	1	2	0.03	2
Fabaceae	<i>Swartzia cubensis</i>	0	2	0	0	0	2	0.03	2
Lauraceae	<i>Beilschmiedia pendula</i>	0	0	0	3	0	3	0.05	1
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i>	0	0	0	0	3	3	0.05	1
Fabaceae	<i>Abarema barburina</i>	1	2	0	0	0	3	0.05	3
Fabaceae	<i>Dussia sp.</i>	0	0	2	1	0	3	0.05	3
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	0	0	3	1	0	4	0.06	3
Verbenaceae	<i>Vitex cooperi</i>	1	0	3	0	0	4	0.06	3
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i>	0	0	5	0	0	5	0.08	2
Tyliaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	2	1	0	2	0	5	0.08	3
Apocynaceae	<i>Lacmellea panamensis</i>	1	0	3	1	0	5	0.08	4
Fabaceae	<i>Lonchocarpus ferruginus</i>	1	3	2	0	0	6	0.09	5
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	1	1	2	2	0	6	0.09	5

Continuación anexo 3:

Familia	Genero y especie	BO	DC	IN	LI	RI	N° árboles	%	Frecuencia
Arecaceae	<i>Bactris gasipaes</i>	4	2	1	0	0	7	0.11	4
Fabaceae	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	0	0	3	15	0	18	0.28	5
Magnoliaceae	<i>Xylopia sericophylla</i>	0	0	2	15	1	18	0.28	6
Moraceae	<i>Ficus cotinifolia</i>	3	15	2	3	1	24	0.38	9
Fabaceae	<i>Pentaclethra macroloba</i>	6	23	5	2	3	39	0.62	16
Melastomataceae	<i>Miconia argentea</i>	0	13	0	25	25	63	1	6
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i>	7	17	11	45	11	91	1.44	17
Moraceae	<i>Ficus goldmanii</i>	6	4	2	119	2	133	2.1	11
Fabaceae	<i>Erythrina costaricensis</i>	442	215	564	180	595	1996	31.56	31
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	367	669	562	1299	954	3851	60.9	31
Total 22	49	845	972	1181	1728	1598	6324	100	62
Media		13.4	15.4	18.7	27.3	25.2	100		

ANEXO 4. Porcentaje y frecuencia de aves presentes en las cercas vivas por nivel de conectividad (BO=bosques, RI=riparios DC=doble conexión, IN=interconectadas y LI=libres) en Río Frío, Costa Rica.

Familias	Especies	BO	RI	DC	IN	LI	n° aves	%	Frecuencia
Accipitridae	<i>Buteo magnirostris</i>	0	0	0	0	4	4	0.114	2
Accipitridae	<i>Leucopternis albicollis</i>	1	0	0	0	0	1	0.029	1
Alcedinidae	<i>Chloroceryle americana</i>	0	0	0	0	1	1	0.029	1
Alcedinidae	<i>Chloroceryle inda</i>	0	1	0	0	0	1	0.029	1
Anatidae	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	0	1	0	0	0	1	0.029	1
Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	0	0	0	2	0	2	0.057	2
Ardeidae	<i>Butorides striatus</i>	1	2	0	0	0	3	0.086	3
Ardeidae	<i>Casmerodius albus</i>	0	1	0	0	0	1	0.029	1
Ardeidae	<i>Ixobrychus exilis</i>	0	0	0	0	2	2	0.057	1
Bucconidae	<i>Notharchus tectus</i>	0	0	0	0	1	1	0.029	1
Cardinalidae	<i>Caryothraustes poliogaster</i>	0	5	0	0	0	5	0.143	1
Cardinalidae	<i>Cyanocopsa cyanoides</i>	0	0	0	2	2	4	0.114	2
Cardinalidae	<i>Saltator atriceps</i>	2	2	6	0	0	10	0.286	5
Cardinalidae	<i>Saltator coerulescens</i>	1	0	2	3	7	13	0.372	8
Cardinalidae	<i>Saltator maximus</i>	10	11	12	5	39	77	2.202	18
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	4	0	0	0	0	4	0.114	1
Cathartidae	<i>Sarcoramphus papa</i>	1	0	0	0	0	1	0.029	1
Coerebidae	<i>Coereba flaveola</i>	0	6	4	1	5	16	0.458	9
Columbidae	<i>Claravis pretiosa</i>	12	0	3	3	2	20	0.572	10
Columbidae	<i>Columba cayennensis</i>	0	1	0	2	1	4	0.114	3
Columbidae	<i>Columba flavirostris</i>	5	1	2	1	9	18	0.515	10
Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	5	7	3	5	7	27	0.772	13
Corvidae	<i>Cyanocorax morio</i>	0	8	2	6	15	31	0.886	7
Cotingidae	<i>Carpodectes nitidus</i>	1	0	0	0	0	1	0.029	1
Cracidae	<i>Ortalis cinereiceps</i>	0	0	0	0	3	3	0.086	1
Cuculidae	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	21	42	17	11	26	117	3.346	27
Cuculidae	<i>Piaya cayana</i>	2	3	0	0	0	5	0.143	4
Cuculidae	<i>Tapera naevia</i>	0	1	2	0	1	4	0.114	4
Dendrocolaptidae	<i>Dendrocolaptes picumnus</i>	1	0	1	1	4	7	0.2	6
Dendrocolaptidae	<i>Glyphorhynchus spirurus</i>	0	0	0	2	1	3	0.086	3
Dendrocolaptidae	<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>	5	8	4	9	20	46	1.315	19
Dendrocolaptidae	<i>Xiphorhynchus flavogaster</i>	0	0	0	1	0	1	0.029	1
Dendrocolaptidae	<i>Xiphorhynchus guttatus</i>	0	0	0	1	0	1	0.029	1
Dendrocolaptidae	<i>Xiphorhynchus lachrymosus</i>	0	1	0	0	0	1	0.029	1
Emberizidae	<i>Amaurospiza concolor</i>	3	7	6	2	17	35	1.001	10
Emberizidae	<i>Arremonops conirostris</i>	15	8	4	0	3	30	0.858	8
Emberizidae	<i>Oryzoborus funereus</i>	12	19	41	31	61	164	4.69	34
Emberizidae	<i>Sporophila americana</i>	60	75	97	116	134	482	13.78	56
Emberizidae	<i>Tiaris olivacea</i>	0	0	0	24	5	29	0.829	6
Emberizidae	<i>Volatinia jacarina</i>	4	22	9	29	17	81	2.316	29
Falconidae	<i>Falco rufigularis</i>	0	1	0	0	0	1	0.029	1
Falconidae	<i>Herpetoheres cachinnans</i>	0	2	0	0	0	2	0.057	1
Furnariidae	<i>Synallaxis brachyura</i>	0	0	0	3	12	15	0.429	5
Furnariidae	<i>Xenops minutus</i>	1	0	0	0	1	2	0.057	2
Icteridae	<i>Agelaius phoeniceus</i>	0	1	0	0	4	5	0.143	3

Continuación anexo 4:

Familias	Especies	BO	RI	DC	IN	LI	n° aves	%	Frecuencia
Icteridae	<i>Cacicus uropygialis</i>	2	0	7	0	0	9	0.257	4
Icteridae	<i>Icterus dominicensis</i>	0	0	0	2	14	16	0.458	3
Icteridae	<i>Molothrus aeneus</i>	3	0	2	7	5	17	0.486	10
Icteridae	<i>Psarocolius montezuma</i>	0	0	5	0	4	9	0.257	4
Icteridae	<i>Psarocolius wagleri</i>	0	0	0	1	4	5	0.143	3
Icteridae	<i>Quiscalus mexicanus</i>	0	1	0	0	0	1	0.029	1
Icteridae	<i>Quiscalus nicaraguensis</i>	0	0	0	3	0	3	0.086	1
Parulidae	<i>Dendroica pensylvanica</i>	0	1	0	0	0	1	0.029	1
Parulidae	<i>Dendroica petechia</i>	0	2	0	2	1	5	0.143	4
Parulidae	<i>Geothlypis poliocephala</i>	1	12	0	6	4	23	0.658	10
Parulidae	<i>Oporornis philadelphia</i>	2	0	0	0	0	2	0.057	1
Parulidae	<i>Phaeothlypis fulvicauda</i>	0	0	1	0	0	1	0.029	1
Parulidae	<i>Wilsonia pusilla</i>	0	4	0	0	0	4	0.114	1
Picidae	<i>Campephilus guatemalensis</i>	0	2	0	1	1	4	0.114	3
Picidae	<i>Celeus loricatus</i>	6	3	4	0	0	13	0.372	5
Picidae	<i>Dryocopus lineatus</i>	1	1	0	2	4	8	0.229	7
Picidae	<i>Melanerpes hoffmannii</i>	0	0	0	6	0	6	0.172	2
Picidae	<i>Melanerpes pucherani</i>	8	1	7	11	13	40	1.144	15
Pipridae	<i>Manacus candei</i>	9	2	15	0	0	26	0.743	7
Pipridae	<i>Schiffornis turdinus</i>	2	0	0	0	0	2	0.057	1
Psittacidae	<i>Amazona autumnalis</i>	0	0	0	3	6	9	0.257	3
Psittacidae	<i>Amazona farinosa</i>	2	10	6	0	2	20	0.572	6
Psittacidae	<i>Aratinga finschi</i>	0	0	0	2	2	4	0.114	2
Psittacidae	<i>Aratinga nana</i>	0	6	0	0	0	6	0.172	1
Psittacidae	<i>Brotogeris jugularis</i>	0	6	0	1	11	18	0.515	6
Psittacidae	<i>Pionopsitta haematotis</i>	0	2	0	0	0	2	0.057	1
Psittacidae	<i>Pionus senilis</i>	0	2	0	1	0	3	0.086	2
Ramphastidae	<i>Pteroglossus torquatus</i>	2	2	7	0	15	26	0.743	8
Ramphastidae	<i>Ramphastos sulfuratus</i>	1	1	2	0	0	4	0.114	3
Ramphastidae	<i>Ramphastos swainsonii</i>	7	0	0	0	1	8	0.229	2
Strigidae	<i>Otus choliba</i>	1	0	0	0	0	1	0.029	1
Sylviidae	<i>Polioptila plumbea</i>	0	3	1	2	3	9	0.257	6
Tamnophilidae	<i>Thamnophilus doliatus</i>	0	0	4	10	1	15	0.429	5
Thraupidae	<i>Cyanerpes cyaneus</i>	0	0	0	0	2	2	0.057	1
Thraupidae	<i>Cyanerpes lucidus</i>	0	0	2	3	0	5	0.143	2
Thraupidae	<i>Dacnis cayana</i>	0	0	6	1	3	10	0.286	3
Thraupidae	<i>Dacnis venusta</i>	0	0	4	1	2	7	0.2	4
Thraupidae	<i>Euphonia gouldi</i>	0	2	17	0	15	34	0.972	8
Thraupidae	<i>Euphonia minuta</i>	0	0	0	4	11	15	0.429	3
Thraupidae	<i>Habia fuscicauda</i>	0	0	5	0	0	5	0.143	1
Thraupidae	<i>Heliothryx barroti</i>	1	0	2	0	0	3	0.086	2
Thraupidae	<i>Ramphocelus passerinii</i>	28	33	41	19	63	184	5.262	31
Thraupidae	<i>Tachyphonus rufus</i>	0	0	5	0	0	5	0.143	1
Thraupidae	<i>Tangara inornata</i>	0	4	0	0	0	4	0.114	1
Thraupidae	<i>Tangara larvata</i>	21	21	53	26	82	203	5.805	41
Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>	20	27	20	18	123	208	5.948	37
Thraupidae	<i>Thraupis palmarum</i>	2	12	7	6	14	41	1.172	16

Continuación anexo 4:

Familias	Especies	BO	RI	DC	IN	LI	n° aves	%	Frecuencia
Thraupidae	<i>Thryothorus modestus</i>	0	0	0	2	0	2	0.057	1
Threskiornithidae	<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	1	0	1	0	3	5	0.143	3
Tityridae	<i>Tityra inquisitor</i>	0	2	1	0	0	3	0.086	2
Tityridae	<i>Tityra semifasciata</i>	3	3	15	1	1	23	0.658	10
Trochilidae	<i>Amazilia amabilis</i>	1	1	0	3	0	5	0.143	3
Trochilidae	<i>Amazilia tzacatl</i>	8	7	6	12	48	81	2.316	22
Trochilidae	<i>Glaucis aenea</i>	0	1	0	0	0	1	0.029	1
Troglodytidae	<i>Campylorhynchus zonatus</i>	2	20	0	8	5	35	1.001	10
Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	19	24	28	22	66	159	4.547	39
Trogonidae	<i>Trogon violaceus</i>	0	0	0	1	0	1	0.029	1
Turdidae	<i>Turdus grayi</i>	13	10	15	28	69	135	3.86	27
Tyrannidae	<i>Campostoma obsoletum</i>	0	1	0	1	4	6	0.172	3
Tyrannidae	<i>Capsiempis flaveola</i>	4	5	6	3	7	25	0.715	10
Tyrannidae	<i>Colonia colomus</i>	0	1	0	0	0	1	0.029	1
Tyrannidae	<i>Conopias albivittata</i>	9	12	9	9	13	52	1.487	26
Tyrannidae	<i>Contopus cinereus</i>	8	6	3	7	54	78	2.23	19
Tyrannidae	<i>Contopus sordidulus</i>	9	0	1	2	53	65	1.859	10
Tyrannidae	<i>Contopus virens</i>	4	0	4	0	10	18	0.515	6
Tyrannidae	<i>Elaenia flavogaster</i>	10	9	7	37	15	78	2.23	24
Tyrannidae	<i>Megarhynchus pitangua</i>	3	5	6	6	24	44	1.258	11
Tyrannidae	<i>Myiarchus crinitus</i>	11	0	0	0	0	11	0.315	1
Tyrannidae	<i>Myiarchus tuberculifer</i>	1	8	1	8	11	29	0.829	13
Tyrannidae	<i>Myiodynastes hemichrysus</i>	0	0	0	7	0	7	0.2	1
Tyrannidae	<i>Myiozetetes granadensis</i>	6	2	1	7	1	17	0.486	6
Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>	2	0	0	3	0	5	0.143	3
Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>	5	22	13	7	25	72	2.059	23
Tyrannidae	<i>Platyrinchus coronatus</i>	1	0	0	0	0	1	0.029	1
Tyrannidae	<i>Todirostrum cinereum</i>	3	22	26	31	47	129	3.689	37
Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	0	10	1	5	40	56	1.601	11
Tyrannidae	<i>Tyrannus verticalis</i>	5	2	4	9	4	24	0.686	15
Vireonidae	<i>Hylophilus decurtatus</i>	0	0	1	0	0	1	0.029	1

Anexo 5. Lista de especies y abundancia de las aves registras en cercas de madero negro y poró describiendo: a) hábitat de origen (BO = bosque, PD = áreas abierta y VS = vegetación secundaria); b) comportamiento temporal (M = migratorias y R = residentes) y c) minutos de percha de las aves en las cercas vivas (T₁ = tiempo en cercas de madero negro y T₂ = tiempo de percha en cercas de poró).

Especies	Hábitat de origen de las especies						Migración				Tiempo de percha	
	Mn			P			Mn		P		Mn	P
	BO	PD	VS	BO	PD	VS	M	R	M	R		
<i>Agelaius phoeniceus</i>	5						5				14.6	
<i>Amaurospiza concolor</i>			28			7		28		7	49.7	33.0
<i>Amazilia amabilis</i>			5					5			10.0	
<i>Amazilia tzacatl</i>			69			12		69		12	78.1	11.5
<i>Amazona autumnalis</i>		6			3			6		3	28.2	45.0
<i>Amazona farinosa</i>		18			2			18		2	61.7	10.0
<i>Aratinga finschi</i>		2			2			2		2	8.0	4.0
<i>Aratinga nana</i>		6						6			38.0	
<i>Arremonops conirostris</i>		30						30			87.8	
<i>Brotogeris jugularis</i>		15			3			15		3	91.0	6.2
<i>Bubulcus ibis</i>					2					2		16.0
<i>Buteo magnirostris</i>		4						4			33.0	
<i>Butorides striatus</i>	2			1				2		1	11.0	12.0
<i>Cacicus uropygialis</i>			7			2		7		2	40.6	14.0
<i>Campephilus guatemalensis</i>	1			3				1		3	9.0	15.0
<i>Comptostoma obsoletum</i>			5			1		5		1	8.6	1.0
<i>Campylorhynchus zonatus</i>			25			10		25		10	111.9	40.0
<i>Capsiempis flaveola</i>			4			21		4		21	28.0	99.2
<i>Carpodectes nitidus</i>				1						1		5.0
<i>Caryothraustes poliogaster</i>				5						5		61.0
<i>Casmerodius albus</i>				1						1		6.0
<i>Celeus loricatus</i>	5			8				5		8	23.0	38.0
<i>Chloroceryle americana</i>	1							1			6.0	
<i>Chloroceryle inda</i>	1							1			10.0	
<i>Claravis pretiosa</i>			19			1		19		1	84.4	6.0
<i>Coereba flaveola</i>	14			2				14		2	38.4	2.6
<i>Colonia colonus</i>	1							1			1.0	
<i>Columba cayennensis</i>			2			2		2		2	19.0	8.0
<i>Columba flavirostris</i>			14			4		14		4	52.8	10.2
<i>Columbina talpacoti</i>			15			12		15		12	51.5	57.2
<i>Conopias albivittata</i>			24			28		24		28	40.2	117.0
<i>Contopus cinereus</i>			54			24		54		24	208.4	109.0
<i>Contopus sordidulus</i>			61			4		61		4	159.3	10.6
<i>Contopus virens</i>			10			8	10		8		20.0	28.0
<i>Coragyps atratus</i>						4				4		31.0
<i>Crotophaga sulcirostris</i>			55			62		55		62	209.1	315.8
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	2							2			2.0	
<i>Cyanerpes lucidus</i>	2			3				2		3	6.0	3.0

Continuación anexo 5:

Especies	Hábitat de origen de las especies						Migración				Tiempo de percha	
	Mn			P			Mn		P		Mn	P
	BO	PD	VS	BO	PD	VS	M	R	M	R		
<i>Cyanocopsa cyanooides</i>			2			2		2		2	3.0	2.0
<i>Cyanocorax morio</i>			27			4		27		4	104.5	24.0
<i>Dacnis cayana</i>	9			1				9		1	15.8	2.0
<i>Dacnis venusta</i>	4			3				4		3	12.0	28.0
<i>Dendrocolaptes picumnus</i>	5			2				5		2	7.6	6.0
<i>Dendrocygna autumnalis</i>				1						1		0.6
<i>Dendroica pensylvanica</i>	1						1				2.0	
<i>Dendroica petechia</i>			2			3	2		3		2.6	19.0
<i>Dryocopus lineatus</i>			3			5		3		5	9.0	21.0
<i>Elaenia flavogaster</i>			26			52		26		52	75.4	261.1
<i>Euphonia gouldi</i>			33			1		33		1	123.6	4.0
<i>Euphonia minuta</i>			11			4		11		4	46.6	13.0
<i>Falco ruficularis</i>	1							1			15.0	
<i>Geothlypis poliocephala</i>			12			11		12		11	41.0	22.9
<i>Glaucis aenea</i>						1				1		0.6
<i>Glyphorhynchus spirurus</i>						3				3		7.0
<i>Habia fuscicauda</i>			5					5			25.0	
<i>Heliodytes barroti</i>				3						3		6.2
<i>Herpetotheres cachinnans</i>						2				2		10.0
<i>Hylophilus decurtatus</i>				1						1		2.0
<i>Icterus dominicensis</i>	16							16			29.5	
<i>Ixobrychus exilis</i>	2							2			12.0	
<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>			28			18		28		18	82.6	56.8
<i>Leucopternis albicollis</i>				1						1		12.0
<i>Manacus candei</i>	17			9				17		9	73.0	38.6
<i>Megarhynchus pitangua</i>	27			17				27		17	55.5	89.8
<i>Melanerpes hoffmannii</i>			6					6			46.0	
<i>Melanerpes pucherani</i>			16			24		16		24	59.8	64.8
<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	3			2				3		2	10.0	20.0
<i>Molothrus aeneus</i>			8			9		8		9	35.0	26.2
<i>Myiarchus crinitus</i>						11			11			54.6
<i>Myiarchus tuberculifer</i>			13			16		13		16	36.2	71.2
<i>Myiodynastes hemichrysus</i>				7						7		20.2
<i>Myiozetetes granadensis</i>			5			12		5		12	18.6	48.6
<i>Myiozetetes similis</i>			2			3		2		3	6.0	3.0
<i>Notharchus tectus</i>	1							1			15.0	
<i>Oporornis philadelphia</i>			2				2				10.0	
<i>Ortalis cinereiceps</i>			3					3			3.0	
<i>Oryzoborus funereus</i>			124			40		124		40	269.3	79.5
<i>Otus choliba</i>			1					1			9.0	
<i>Phaeothlypis fulvicauda</i>				1						1		5.0
<i>Piaya cayana</i>			4			1		4		1	5.6	1.0
<i>Pionopsitta haematotis</i>			2					2			1.2	
<i>Pionus senilis</i>	2			1				2		1	30.0	2.0

Continuación anexo 5:

Especies	Hábitat de origen de las especies						Migración				Tiempo de percha	
	Mn			P			Mn		P		Mn	P
	BO	PD	VS	BO	PD	VS	M	R	M	R		
<i>Pitangus sulphuratus</i>			59			13		59		13	223.3	4418
<i>Platyrinchus coronatus</i>				1						1		2
<i>Polioptila plumbea</i>	4			5				4		5	31.6	26
<i>Psarocolius montezuma</i>			8			1		8		1	27.6	1.0
<i>Psarocolius wagleri</i>	2			3				2		3	15	4.0
<i>Pteroglossus torquatus</i>	19			7				19		7	67.2	18.18
<i>Quiscalus mexicanus</i>			1					1			2.0	
<i>Quiscalus nicaraguensis</i>						3				3		3.0
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	1			3				1		3	4.0	13.0
<i>Ramphastos swainsonii</i>				8						8		33.0
<i>Ramphocelus passerinii</i>			132			52		132		52	488.7	136.3
<i>Saltator atriceps</i>			10					10			23.0	
<i>Saltator coerulescens</i>			7			6		7		6	12.6	7.8
<i>Saltator maximus</i>			64			13		64		13	228.7	23.6
<i>Sarcoramphus papa</i>					1					1		2.0
<i>Schiffornis turdinus</i>	2							2			2.6	
<i>Sporophila americana</i>			314			168		314		168	820.9	470.1
<i>Synallaxis brachyura</i>			14			1		14		1	55.0	1.0
<i>Tachyphonus rufus</i>			5					5			16.0	
<i>Tangara inornata</i>	4							4			6.6	
<i>Tangara larvata</i>			138			65		138		65	334.2	196.7
<i>Tapera naevia</i>			4					4			42.0	
<i>Thamnophilus doliatus</i>			13			2		13		2	40.6	4
<i>Thraupis episcopus</i>			148			60		148		60	390.7	149.1
<i>Thraupis palmarum</i>			26			15		26		15	74.4	51.8
<i>Thryothorus modestus</i>			2					2			18	
<i>Tiaris olivacea</i>			25			4		25		4	73.4	11.6
<i>Tityra inquisitor</i>	3							3			9.6	
<i>Tityra semifasciata</i>	14			9				14		9	39.6	23.2
<i>Todirostrum cinereum</i>			70			59		70		59	170.4	156.9
<i>Troglodytes aedon</i>			101			58		101		58	254.5	214.9
<i>Trogon violaceus</i>						1				1		1.0
<i>Turdus grayi</i>			124			11		124		11	326.7	10.9
<i>Tyrannus melancholicus</i>			46			10		46		10	161.7	39.6
<i>Tyrannus verticalis</i>			13			11		13		11	62.0	29.0
<i>Volatinia jacarina</i>			40			41		40		41	122.4	125.9
<i>Wilsonia pusilla</i>				4					4			45.0
<i>Xenops minutus</i>	2							2			25.0	
<i>Xiphorhynchus flavogaster</i>				1						1		2.0
<i>Xiphorhynchus guttatus</i>				1						1		14.0
<i>Xiphorhynchus lachrymosus</i>				1						1		5.0
Total general	173	81	2096	116	13	1018	20	2330	26	1121	7100.5	4003.9

Anexo 6. Lista de aves en cercas vivas de madero negro y poró con: a) gremios alimenticios (CA= carnívoros, FR = frugívoros, IN = insectívoros, NE = nectarívoros y ON = omnívoros) y b) preferencia alimentaria de las aves al momento de ser registrados en las cercas vivas (FL = flores, FR = frutos, IN = insectos) en las cercas vivas de Río Frío, Costa Rica.

Especies de aves	Gremios alimenticios										Preferencia alimentaria					
	Mn					P					Mn			P		
	CA	FR	IN	NE	ON	CA	FR	IN	NE	ON	FL	FR	IN	FL	FR	IN
<i>Agelaius phoeniceus</i>			5													
<i>Amaurospiza concolor</i>			28					7				3	4			
<i>Amazilia amabilis</i>				5												
<i>Amazilia tzacatl</i>				69					12		12	3	3	3		
<i>Amazona autumnalis</i>		6					3									
<i>Amazona farinosa</i>		18					2					8				
<i>Aratinga finschi</i>		2					2									
<i>Aratinga nana</i>		6														
<i>Arremonops conirostris</i>					30								5			
<i>Brotogeris jugularis</i>		15					3					4			1	
<i>Bubulcus ibis</i>								2								
<i>Buteo magnirostris</i>	4															
<i>Butorides striatus</i>	2					1										
<i>Cacicus uropygialis</i>			7					2								
<i>Campephilus guatemalensis</i>			1					3								2
<i>Comptostoma obsoletum</i>			5					1								
<i>Campylorhynchus zonatus</i>			25					10				1	2			8
<i>Capsiempis flaveola</i>			4					21								7
<i>Carpodectes nitidus</i>							1									
<i>Caryothraustes poliogaster</i>								5								5
<i>Casmerodius albus</i>								1								
<i>Celeus loricatus</i>			5					8					4			4
<i>Chloroceryle americana</i>	1															
<i>Chloroceryle inda</i>	1															
<i>Claravis pretiosa</i>		19					1									
<i>Coereba flaveola</i>			14					2				2				
<i>Colonia colonus</i>			1													
<i>Columba cayennensis</i>		2					2									
<i>Columba flavirostris</i>		14					4				1	2	2			
<i>Columbina talpacoti</i>		15					12						2			3
<i>Conopias albovittata</i>			24					28				1			1	2
<i>Contopus cinereus</i>			54					24				4	12			12
<i>Contopus sordidulus</i>			61					4					20			
<i>Contopus virens</i>			10					8					2		1	
<i>Coragyps atratus</i>						4										
<i>Crotophaga sulcirostris</i>			55					62								
<i>Cyanerpes cyaneus</i>		2														
<i>Cyanerpes lucidus</i>		2					3						2			
<i>Dendrocolaptes picumnus</i>			5					2					3			2
<i>Dendrocygna autumnalis</i>							1									

Continuación anexo 6:

Especies de aves	Gremios alimenticios										Preferencia alimentaria					
	Mn					P					Mn			P		
	CA	FR	IN	NE	ON	CA	FR	IN	NE	ON	FL	FR	IN	FL	FR	IN
<i>Dendroica pensylvanica</i>			1													
<i>Dendroica petechia</i>			2				3					1				2
<i>Dryocopus lineatus</i>			3				5									4
<i>Elaenia flavogaster</i>			26				52					3				5
<i>Euphonia gouldi</i>		33					1				3	7	9			
<i>Euphonia minuta</i>			11				4					1	4		3	
<i>Falco rufigularis</i>	1															
<i>Geothlypis poliocephala</i>		12					11					4				
<i>Glaucis aenea</i>							1									
<i>Glyphorhynchus spirurus</i>							3									2
<i>Habia fuscicauda</i>			5													
<i>Heliothryx barroti</i>							3									
<i>Herpetotheres cachinnans</i>						2										
<i>Hylophilus decurtatus</i>							1									
<i>Icterus dominicensis</i>			16									1	5			
<i>Ixobrychus exilis</i>			2													
<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>			28				18						13			8
<i>Leucopternis albicollis</i>						1										
<i>Manacus candei</i>		17					9									
<i>Megarhynchus pitangua</i>			27				17						6		2	1
<i>Melanerpes hoffmannii</i>			6										6			
<i>Melanerpes pucherani</i>			16				24					1	5			15
<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	3					2										
<i>Molothrus aeneus</i>		8					9									1
<i>Myiarchus crinitus</i>							11									
<i>Myiarchus tuberculifer</i>			13				16					1				
<i>Myiodynastes hemichrysus</i>							7									
<i>Myiozetetes granadensis</i>			5				12						2			2
<i>Myiozetetes similis</i>		2					3									
<i>Notharchus tectus</i>			1									1				
<i>Oporornis philadelphia</i>			2													
<i>Ortalis cinereiceps</i>		3										2	1			
<i>Oryzoborus funereus</i>		124					40				7	21	22	4		3
<i>Otus choliba</i>	1															
<i>Phaeothlypis fulvicauda</i>							1									
<i>Piaya cayana</i>			4				1						1	1		
<i>Pionopsitta haematotis</i>		2														
<i>Pionus senilis</i>		2					1									
<i>Pitangus sulphuratus</i>					59					13		1	8		1	1
<i>Platyrinchus coronatus</i>							1									
<i>Polioptila plumbea</i>			4				5									2
<i>Psarocolius montezuma</i>		8					1									
<i>Psarocolius wagleri</i>					2					3						1
<i>Pteroglossus torquatus</i>					19					7		12				

Continuación anexo 6:

Especies de aves	Gremios alimenticios										Preferencia alimentaria					
	Mn					P					Mn			P		
	CA	FR	IN	NE	ON	CA	FR	IN	NE	ON	FL	FR	IN	FL	FR	IN
<i>Quiscalus mexicanus</i>					1											
<i>Quiscalus nicaraguensis</i>										3						
<i>Ramphastos sulfuratus</i>					1					3						
<i>Ramphastos swainsonii</i>										8					2	
<i>Ramphocelus passerinii</i>		132					52					18	7	2	10	7
<i>Saltator atriceps</i>		10														
<i>Saltator coerulescens</i>		7					6									
<i>Saltator maximus</i>		64					13					20			2	
<i>Sarcoramphus papa</i>						1										
<i>Schiffornis turdinus</i>			2													
<i>Sporophila americana</i>		314					168				9	33	8	24	16	6
<i>Synallaxis brachyura</i>			14					1								
<i>Tachyphonus rufus</i>			5													
<i>Tangara inornata</i>		4														
<i>Tangara larvata</i>		138					65					30	2	2	8	
<i>Tapera naevia</i>			4													
<i>Thamnophilus doliatus</i>			13					2								
<i>Thraupis episcopus</i>		148					60					40	6		5	2
<i>Thraupis palmarum</i>		26					15					7				
<i>Thryothorus modestus</i>			2													
<i>Tiaria olivacea</i>		25					4				11	3		1		
<i>Tityra inquisitor</i>			3													
<i>Tityra semifasciata</i>		14					9									
<i>Todirostrum cinereum</i>			70					59				3	4			15
<i>Troglodytes aedon</i>			101					58				1	10			1
<i>Trogon violaceus</i>								1								1
<i>Turdus grayi</i>		124					11				1	37	10			
<i>Tyrannus melancholicus</i>			46					10				2	2			2
<i>Tyrannus verticalis</i>			13					11					1			
<i>Volatinia jacarina</i>		40					41				1	7		3	2	
<i>Wilsonia pusilla</i>								4								2
<i>Xenops minutus</i>			2										1			
<i>Xiphorhynchus flavogaster</i>								1								1
<i>Xiphorhynchus guttatus</i>								1								1
<i>Xiphorhynchus lachrymosus</i>								1								1
Total general	13	1364	760	74	139	11	558	525	12	41	45	293	195	40	62	126

Anexo 7. Lista de especies de aves con comportamiento reproductivo en las cercas vivas de madero negro y poró (C = canto, TR = vuelos territoriales o de cortejo y VN = visitas a nidos de las aves o nidos permanentes registrados, en Río Frío, Costa Rica.

Especies	Mn			Poró		Total
	C	TR	VN	C	TR	
<i>Agelaius phoeniceus</i>	5					5
<i>Amaurospiza concolor</i>	19	9		4	3	35
<i>Amazilia amabilis</i>	2	3				5
<i>Amazilia tzacatl</i>	67	2		12		81
<i>Amazona autumnalis</i>	6			3		9
<i>Amazona farinosa</i>	18			2		20
<i>Aratinga finschi</i>	2			2		4
<i>Aratinga nana</i>	6					6
<i>Arremonops conirostris</i>	29	1				30
<i>Brotogeris jugularis</i>	15			3		18
<i>Bubulcus ibis</i>				2		2
<i>Buteo magnirostris</i>	4					4
<i>Butorides striatus</i>	2			1		3
<i>Cacicus uropygialis</i>	6	1		2		9
<i>Campephilus guatemalensis</i>	1			3		4
<i>Comptostoma obsoletum</i>	5				1	6
<i>Campylorhynchus zonatus</i>	20		5	7	3	35
<i>Capsiempis flaveola</i>	4			16		20
<i>Carpodectes nitidus</i>				1		1
<i>Caryothraustes poliogaster</i>				5		5
<i>Casmerodius albus</i>				1		1
<i>Celeus loricatus</i>	5			8		13
<i>Chloroceryle americana</i>	1					1
<i>Chloroceryle inda</i>	1					1
<i>Claravis pretiosa</i>	18	1		1		20
<i>Coereba flaveola</i>	12		2	2		16
<i>Colonia colonus</i>	1					1
<i>Columba cayennensis</i>	2			2		4
<i>Columba flavirostris</i>	12	2		4		18
<i>Columbina talpacoti</i>	15			12		27
<i>Conopias albobittata</i>	24			28		52
<i>Contopus cinereus</i>	44	10		21	3	78
<i>Contopus sordidulus</i>	51	10		4		65
<i>Contopus virens</i>	9	1		8		18
<i>Coragyps atratus</i>				4		4
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	55			62		117
<i>Cyanerpes cyaneus</i>	2					2
<i>Cyanerpes lucidus</i>	2					2
<i>Cyanocompsa cyanoides</i>	2			2		4
<i>Cyanocorax morio</i>	27			4		31
<i>Dacnis cayana</i>	9			1		10
<i>Dacnis verusta</i>	4			3		7
<i>Dendrocolaptes picumnus</i>	3	2		2		7

Continuación anexo 7:

Especies	Mn			Poró		Total
	C	TR	VN	C	TR	
<i>Dendrocygna autumnalis</i>				1		1
<i>Dendroica pensylvanica</i>	1					1
<i>Dendroica petechia</i>	2			3		5
<i>Dryocopus lineatus</i>	2		1	5		8
<i>Elaenia flavogaster</i>	26			43	8	77
<i>Euphonia gouldi</i>	33			1		34
<i>Euphonia minuta</i>	10		1	2		13
<i>Falco ruficularis</i>	1					1
<i>Geothlypis poliocephala</i>	10	2		11		23
<i>Glaucis aenea</i>				1		1
<i>Glyphorhynchus spirurus</i>				3		3
<i>Habia fuscicauda</i>	5					5
<i>Heliothryx barroti</i>				3		3
<i>Herpetotheres cachinnans</i>				2		2
<i>Hylophilus decurtatus</i>				1		1
<i>Icterus dominicensis</i>	16					16
<i>Ixobrychus exilis</i>	2					2
<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>	27	1		14	4	46
<i>Leucopternis albicollis</i>				1		1
<i>Manacus candei</i>	14	3		9		26
<i>Megarhynchus pitangua</i>	23	4		15	2	44
<i>Melanerpes hoffmannii</i>	6					6
<i>Melanerpes pucherani</i>	14	2		24		40
<i>Mesembrinibis cayennensis</i>	2	1		2		5
<i>Molothrus aeneus</i>	8			9		17
<i>Myiarchus crinitus</i>				11		11
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	13			16		29
<i>Myiodynastes hemichrysus</i>				7		7
<i>Myiozetetes granadensis</i>	5			11	1	17
<i>Myiozetetes similis</i>	2			3		5
<i>Notharchus tectus</i>	1					1
<i>Oporornis philadelphia</i>	2					2
<i>Ortalis cinereiceps</i>	3					3
<i>Oryzoborus funereus</i>	107	17		37	1	162
<i>Otus choliba</i>	1					1
<i>Phaeothlypis fulvicauda</i>				1		1
<i>Piaya cayana</i>	4			1		5
<i>Pionopsitta haematotis</i>	2					2
<i>Pionus senilis</i>	2			1		3
<i>Pitangus sulphuratus</i>	56	1	2	13		72
<i>Platyrinchus coronatus</i>				1		1
<i>Polioptila plumbea</i>	3	1		5		9
<i>Psarocolius montezuma</i>	8			1		9
<i>Psarocolius wagleri</i>	2			2	1	5
<i>Pteroglossus torquatus</i>	15	4		7		26
<i>Quiscalus mexicanus</i>	1					1

Continuación anexo 7:

Especies	Mn			Poró		Total
	C	TR	VN	C	TR	
<i>Quiscalus nicaraguensis</i>				3		3
<i>Ramphastos sulfuratus</i>	1			3		4
<i>Ramphastos swainsonii</i>				8		8
<i>Ramphocelus passerinii</i>	114	18		50	2	184
<i>Saltator atriceps</i>	10					10
<i>Saltator coerulescens</i>	7			6		13
<i>Saltator maximus</i>	58	5	1	13		77
<i>Sarcoramphus papa</i>				1		1
<i>Schiffornis turdimus</i>	2					2
<i>Sporophila americana</i>	285	26	2	158	10	481
<i>Synallaxis brachyura</i>	14					14
<i>Tachyphonus rufus</i>	5					5
<i>Tangara inornata</i>	4					4
<i>Tangara larvata</i>	133	2	3	59	6	203
<i>Tapera naevia</i>	4					4
<i>Thamnophilus doliatus</i>	13			2		15
<i>Thraupis episcopus</i>	139	7	2	59	1	208
<i>Thraupis palmarum</i>	26			15		41
<i>Thryothorus modestus</i>	2					2
<i>Tiaris olivacea</i>	25			4		29
<i>Tityra inquisitor</i>	1		2			3
<i>Tityra semifasciata</i>	14			9		23
<i>Todirostrum cinereum</i>	63	7		53	4	127
<i>Troglodytes aedon</i>	94	6	1	56	2	159
<i>Trogon violaceus</i>				1		1
<i>Turdus grayi</i>	116	8		11		135
<i>Tyrannus melancholicus</i>	45	1		10		56
<i>Tyrannus verticalis</i>	9	4		11		24
<i>Volatinia jacarina</i>	40			41		81
<i>Wilsonia pusilla</i>				4		4
<i>Xenops minutus</i>	2					2
<i>Xiphorhynchus flavogaster</i>				1		1
<i>Xiphorhynchus guttatus</i>				1		1
<i>Xiphorhynchus lachrymosus</i>				1		1
Total general	2165	162	22	1079	52	3480

Anexo 8. Lista de especies de aves presentes en las cercas vivas de madero negro y poró según: a) estrato donde percho el ave en la cerca viva (Eb = estrato bajo o zona de maleza, Ee = estrato emergente y Em = estrato medio) y b) estrato de la copa donde percho el ave (AL = alambrada, BC = bajo la copa, EC = entre la copa y SC = sobre la copa), en Río, Frío, Costa Rica.

Especies	Estrato de percha en la copa						Estrato de percha en la cerca viva							
	Mn			P			Mn				P			
	Eb	Ee	Em	Eb	Ee	Em	AL	BC	EC	SC	AL	BC	EC	SC
<i>Agelaius phoeniceus</i>		2	3						2	3				
<i>Amaurospiza concolor</i>	5	4	19			7		5	16	7	5	1	1	
<i>Amazilia amabilis</i>			5					2	3					
<i>Amazilia tzacatl</i>	4	7	58		2	10		10	44	15			5	7
<i>Amazona autumnalis</i>		2	4			3			1	5				3
<i>Amazona farinosa</i>		2	16			2			9	9				2
<i>Aratinga finschi</i>		2			2					2				2
<i>Aratinga nana</i>		6								6				
<i>Arremonops conirostris</i>	7	1	22				2	6	19	3				
<i>Brotogeris jugularis</i>		5	10			3				15			2	1
<i>Bubulcus ibis</i>					1	1								2
<i>Buteo magnirostris</i>			4						2	2				
<i>Butorides striatus</i>		1	1			1			1	1				1
<i>Cacicus uropygialis</i>		2	5		2				5	2				2
<i>Campephilus guatemalensis</i>		1			1	2		1				2	1	
<i>Comptostoma obsoletum</i>			5			1			5				1	
<i>Campylorhynchus zonatus</i>		11	14		4	6		3	20	2		3	2	5
<i>Capsiempis flaveola</i>		2	2	3	1	17			2	2		1	18	2
<i>Carpodectes nitidus</i>					1									1
<i>Caryothraustes poliogaster</i>					5								5	
<i>Casmerodius albus</i>						1								1
<i>Celeus loricatus</i>		5			4	4			5			2	4	2
<i>Chloroceryle americana</i>			1					1						
<i>Chloroceryle inda</i>			1						1					
<i>Claravis pretiosa</i>		4	15			1			14	5			1	
<i>Coereba flaveola</i>	2	2	10			2		2	10	2	2			
<i>Colonia colonus</i>		1							1					
<i>Columba cayennensis</i>			2			2			2				2	
<i>Columba flavirostris</i>	2	4	8		1	3			3	11		1		3
<i>Columbina talpacoti</i>		3	12		1	11	1	1	8	5	3	1	7	1
<i>Conopias albobittata</i>	2	3	19	1		27		2	10	12	2	3	15	8
<i>Contopus cinereus</i>	4	2	48	1		23	15	9	22	8	8	3	11	2
<i>Contopus sordidulus</i>	2	6	53		1	3	9	9	23	20	1		2	1
<i>Contopus virens</i>		1	9			8		1	6	3	2		4	2
<i>Coragyps atratus</i>						4							4	
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	4	4	47	1		61	14	9	23	9	17	7	32	6
<i>Cyanerpes cyaneus</i>			2							2				
<i>Cyanerpes lucidus</i>		2			3					2				3
<i>Cyanocompsa cyanoides</i>	1		1			2		2					2	
<i>Cyanocorax morio</i>		5	22		3	1	1	2	16	8			1	3

Continuación anexo 8:

Especies	Estrato de percha en la copa						Estrato de percha en la cerca viva							
	Mn			P			Mn				P			
	Eb	Ee	Em	Eb	Ee	Em	AL	BC	EC	SC	AL	BC	EC	SC
<i>Dacnis cayana</i>			9			1			3	6			1	
<i>Dacnis venusta</i>			4			3				4				3
<i>Dendrocolaptes picumnus</i>	1		4			2		2	3			1		1
<i>Dendrocygna autumnalis</i>						1								1
<i>Dendroica pensylvanica</i>			1					1						
<i>Dendroica petechia</i>			2			3			2		1		2	
<i>Dryocopus lineatus</i>		2	1	1	2	2			1	2		2	2	1
<i>Elaenia flavogaster</i>	2	5	19		2	50	1	5	10	10		2	25	25
<i>Euphonia gouldi</i>	3	19	11			1		7	6	20		1		
<i>Euphonia minuta</i>		1	10		1	3		1	2	8			2	2
<i>Falco ruficularis</i>		1								1				
<i>Geothlypis poliocephala</i>	5		7	5		6		4	6	2	2	1	8	
<i>Glaucis aenea</i>						1						1		
<i>Glyphorhynchus spirurus</i>						3							3	
<i>Habia fuscicauda</i>		5						4	1					
<i>Heliothryx barroti</i>					1	2							3	
<i>Herpetoheres cachinnans</i>					2									2
<i>Hylophilus decurtatus</i>						1							1	
<i>Icterus dominicensis</i>	3		13				2	2	10	2				
<i>Ixobrychus exilis</i>			2						2					
<i>Lepidocolaptes souleyetii</i>	3	6	19	4	1	13		11	10	7		11	5	2
<i>Leucopternis albicollis</i>					1									1
<i>Manacus candei</i>	7	2	8	3	2	4		5	6	6		3	4	2
<i>Megarhynchus pitangua</i>			27		2	15		11	8	8	2		7	8
<i>Melanerpes hoffmannii</i>			6					6						
<i>Melanerpes pucherani</i>	1	8	7		8	16		2	5	9		9	6	9
<i>Mesembrinibis cayennensis</i>			3		1	1		1	2					2
<i>Molothrus aeneus</i>		4	4		1	8			3	5		1	7	1
<i>Myiarchus crinitus</i>						11							8	3
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	1	1	11	1	2	13	3	1	6	3	3		8	5
<i>Myiodynastes hemichrysus</i>						7							6	1
<i>Myiozetetes granadensis</i>			5			12			3	2			8	4
<i>Myiozetetes similis</i>			2			3	2				2		1	
<i>Notharchus tectus</i>			1						1					
<i>Oporornis philadelphia</i>			2						2					
<i>Ortalis cinereiceps</i>	1		2					1	2					
<i>Oryzoborus funereus</i>	4	21	99	13	1	26	24	15	58	27	8	4	20	7
<i>Otus choliba</i>			1						1					
<i>Phaeothlypis fulvicauda</i>				1								1		
<i>Piaya cayana</i>			4			1			4				1	
<i>Pionopsitta haematotis</i>			2							2				
<i>Piomus senilis</i>			2			1				2				1
<i>Pitangus sulphuratus</i>	1	8	50			13		5	27	27			7	6
<i>Platyrinchus coronatus</i>					1								1	
<i>Polioptila plumbea</i>			4			5			3	1			4	1

Continuación anexo 8:

Especies	Estrato de percha en la copa						Estrato de percha en la cerca viva							
	Mn			P			Mn				P			
	Eb	Ee	Em	Eb	Ee	Em	AL	BC	EC	SC	AL	BC	EC	SC
<i>Psarocolius montezuma</i>		4	4			1				8				1
<i>Psarocolius wagleri</i>			2		1	2				2		1	1	1
<i>Pteroglossus torquatus</i>	1	10	8			7		7	2	10			4	3
<i>Quiscalus mexicanus</i>			1											
<i>Quiscalus nicaraguensis</i>						3							3	
<i>Ramphastos sulfuratus</i>			1		1	2			1					3
<i>Ramphastos swainsonii</i>						8							7	1
<i>Ramphocelus passerinii</i>	23	17	92	9	2	41		28	93	11		13	31	8
<i>Saltator atriceps</i>	1	5	4						7	3				
<i>Saltator coerulescens</i>	1		6			6			4	3			5	1
<i>Saltator maximus</i>	12	4	48		3	10		10	40	14		1	8	4
<i>Sarcoramphus papa</i>						1							1	
<i>Schiffornis turdinus</i>			2						2					
<i>Sporophila americana</i>	22	23	269	18	5	145	50	64	171	28	34	9	110	15
<i>Synallaxis brachyura</i>	8		6		1			13	1					1
<i>Tachyphonus rufus</i>	3	2					3		1	1				
<i>Tangara inornata</i>		1	3						3	1				
<i>Tangara larvata</i>	19	36	83	3	12	50	1	11	61	65		6	18	41
<i>Tapera naevia</i>	1		3					2	2					
<i>Thamnophilus doliatus</i>			13		1	1			13				1	1
<i>Thraupis episcopus</i>	12	11	125	3	2	55		15	83	50		3	38	19
<i>Thraupis palmarum</i>		15	11			15			11	15			13	2
<i>Thryothorus modestus</i>	2								2					
<i>Tiariis olivacea</i>	3		22			4	8	10	6	1	1		3	
<i>Tityra inquisitor</i>		1	2							3				
<i>Tityra semifasciata</i>		5	9		3	6			6	8			3	6
<i>Todirostrum cinereum</i>	3	12	55	2	4	53	2	4	51	13	2	4	43	9
<i>Troglodytes aedon</i>	7	8	86	6	3	49	3	19	63	16	6	21	28	3
<i>Trogon violaceus</i>						1							1	
<i>Turdus grayi</i>	22	16	86		3	8	4	21	66	33			8	3
<i>Tyrannus melancholicus</i>	7	4	35		2	8	3	6	20	17			4	6
<i>Tyrannus verticalis</i>	1		12			11	4		8	1			4	7
<i>Volatinia jacarina</i>	4	6	30	10		31	3	8	24	5	1	2	37	1
<i>Wilsonia pusilla</i>						4							3	1
<i>Xenops minutus</i>	1	1						1	1					
<i>Xiphorhynchus flavogaster</i>						1							1	
<i>Xiphorhynchus guttatus</i>				1									1	
<i>Xiphorhynchus lachrymosus</i>						1							1	
Total general	218	354	1778	86	103	958	155	368	1202	623	102	124	634	285