

**INFLUENCIA DE LA ESTRUCTURA DE LA VEGETACIÓN SOBRE LA ABUNDANCIA
DE AVES MIGRATORIAS NEOTROPICALES EN LOS HÁBITATS PRESENTES EN LA
VEREDA CHICORAL DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL**

DAVID FERNANDO ÁNGEL VASCO

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO
DE BIÓLOGO**

RICHARD JOHNSTON GONZÁLEZ

ASESOR PRINCIPAL

BRIAN BOCK

ASESOR ENLACE

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

Medellín, Colombia

2011

INFORMACIÓN GENERAL

TÍTULO DEL PROYECTO: Influencia de la estructura de la vegetación sobre la abundancia de aves migratorias neotropicales en los hábitats presentes en la vereda Chicoral de la Cordillera Occidental

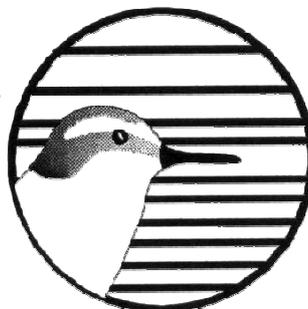
NOMBRE DEL INVESTIGADOR PRINCIPAL: David Fernando Ángel Vasco
Estudiante de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Instituto de Biología.
TELÉFONO 054 - 4345708 Correo electrónico: angelaves@gmail.com

NOMBRE DEL ASESOR EXTERNO: Richard Johnston González
Biólogo CALIDRIS - Asociación para el estudio y la conservación de las aves acuáticas en Colombia. TELÉFONO 057 - 2 - 5560455 Correo electrónico: rjohnston@calidris.org.co
<http://www.calidris.org.co>

NOMBRE DEL ASESOR ENLACE: Brian Carl Bock
Docente ocasional y Director de Postgrado, vinculado a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Instituto de Biología, Universidad de Antioquia.
Correo electrónico: BrianBock1@gmail.com



1 8 0 3



CALIDRIS

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su incondicional apoyo, preocupación y paciencia durante todas mis etapas de vida, a Manuela mi sobrinita quien me alegra la vida, a mi novia Ana I. Cañas por su amor, apoyo y gran ayuda durante el desarrollo de esta investigación, a su familia quienes me han apoyado y me han brindado un gran afecto.

A mi Alma mater como institución y a todo el equipo de Calidris, a Lucho por los aventones y gran colaboración, a Fernando, Elicenia, Vi, Pato, Diana, Carlos y Yanira por todo el apoyo técnico y logístico. Muy especialmente a Richard Johnston, asesor de este trabajo, quien ha estado presente prestándome su colaboración y apoyo en todas las etapas de esta investigación, a su señora madre, doña Marielita por quien siento una enorme gratitud. A Brian Bock por toda su colaboración y paciencia. También estoy muy agradecido con Sergio Solari por todo su apoyo y sus buenos consejos que han sido tan productivos para esta investigación.

A mis colaboradores en campo, a Vi, Diego, Ana y Richard sin quienes no hubiese podido terminar mi trabajo. A todos esos grandes amigos pobladores y campesinos de la vereda Chicoral, muy especialmente a don Adalberto y su señora esposa doña Esperanza por su compañía, a Don Sandalio por brindarme toda su sabiduría y buenas historias, a su señora esposa, a Rosemary y a su esposo Lulito, a doña Anita y su señor esposo, a don Ramón y su señora esposa Carmen. A don Eduardo Uribe quien me brindó toda su hospitalidad. Sin todos ustedes mi permanencia en Chicoral no hubiese sido tan amena y productiva.

Un muy afectuoso agradecimiento a Willington Mesa y Jorge Henao por su compañía y gratas tertulias, a mis maestros de la universidad quienes aportaron mucho en mi formación académica y personal. A todos mis amigos y colegas Faber B., Firu, Juanito “Rolo”, Wally, Alba Roa, Sebastián León, Andrés Cuervo, Carlos Delgado y Diego Calderón. A todos los que no nombre y los que ya no están, también los tengo presentes.

RESUMEN

Las características estructurales de los distintos tipos de hábitats pueden ser un indicativo de la abundancia de aves migratorias en los paisajes andinos de Colombia. Mi propósito fue analizar cómo influye la estructura de la vegetación sobre la abundancia de aves migratorias neotropicales paseriformes en un paisaje Andino fragmentado en la vereda Chicoral, ubicada en la Cordillera Occidental en el Valle del Cauca. Realicé censos en 92 puntos con radio variable distribuidos en cuatro tipos hábitats: jardín (n=22), fragmento (n=26), borde (n=18) y boque (n=26). En cada punto registré la especie, la distancia, el tipo de registro y estrato en el cual se observó cada individuo. Calculé distancias de detección y estimé la densidad para *Dendroica fusca*, *Piranga rubra* y *Wilsonia canadensis* que son las especies que obtuvieron mayor número de registros por mes ($n \geq 10$). Para caracterizar la estructura de la vegetación, realicé siete parcelaciones por cada tipo de hábitat tomando medidas como: circunferencia a la altura de pecho (CAP), altura promedio, presencia de epífitas, porcentaje de cobertura vegetal (%C), diversidad de estratos (H') y área basal (AB). Los resultados distinguieron dos funciones discriminantes; la función uno resultó ser la única significativa ($\chi^2 = 96,9027$; $p < 0,05$), con un % de variación (90,32) y correlación canónica de 98,5%, permitiendo diferenciar la estructura del jardín de la de los hábitats boscosos. Utilicé la densidad corregida como un estimador de la abundancia de las tres especies de migrantes, obtenida a partir de la distancia efectiva de detección (DED) de cada especie al calcular el área efectiva de muestreo (AEM) para cada hábitat. Con el fin de examinar la variación en el uso de los hábitats a lo largo de la temporada de invernada realicé análisis de varianzas y pruebas de múltiples rangos para la densidad. El uso de los hábitats por las tres especies permaneció constante a lo largo del período de estudio, con excepción de *D. fusca* en Enero y Marzo entre interior de bosque y jardín, y *W. canadensis* para Marzo entre borde con interior de bosque y jardín, y entre fragmento con interior de bosque y jardín. Los hábitats boscosos que poseen una estructura vegetal más compleja y similar, son más atractivos para *W. canadensis*, mientras que para *D. fusca* es más relevante el jardín con una estructura vegetal más simple. También encontré la mayor preferencia de las migratorias por el estrato Subarbóreo (*Ar*) de la vegetación boscosa.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1 Censos de aves migratorias.....	14
1.2 Abundancia de aves migratorias.....	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 Objetivo general	18
2.2 Objetivos específicos.....	18
3. HIPÓTESIS.....	19
4. ÁREA DE ESTUDIO	20
4.1 Vegetación.....	23
5. METODOLOGÍA.....	24
5.1 Diseño de muestreo	24
5.2 Muestreo de aves	24
5.3 Estructura vegetal	26
6. ANÁLISIS DE DATOS	28
6.1 Comunidad de aves migratorias	28
6.2 Selección de componente de aves migratorias	28
6.3 Uso de hábitat del componente migratorio.....	28
6.4 Abundancia de aves migratorias y distancias de detección.....	29
6.5 Estructura de la vegetación.....	30
6.5.1 DAP, AB y altura para cada tipo de hábitat	30
6.5.2 Volumen total de la vegetación (VTV)	31
6.5.3 Diversidad de estratos vegetales (H´).....	32
6.5.4 Índice de cobertura vegetal (C)	32
6.5.5 Estimación de la presencia de epífitas.....	33
6.6 Diferenciación entre hábitats.....	33
6.7 Utilización de estratos vegetales.....	34
6.8 Estructura vegetal y abundancia de migratorias	34
7. RESULTADOS	35
7.1 Comunidad de aves migratorias	35

7.2 Frecuencia de aves migratorias	37
7.3 Uso de hábitat	40
7.4 Distancia de detección	43
7.5 Abundancia absoluta (densidad corregida) de migratorias entre hábitats	46
7.5.1 Pruebas de múltiple rangos de Duncan para densidad de aves entre hábitats	49
7.6 Abundancia absoluta (densidad) de migratorias dentro de cada hábitat	51
7.7 Utilización de estratos por aves migratorias	52
7.8 Caracterización vegetal.....	56
7.8.1 Índices de la vegetación.....	56
7.8.2 Análisis de distribución de altura y diamétrica	58
7.8.3 Presencia de epífitas por estrato	60
7.9 Análisis discriminante de los hábitats	61
8. DISCUSIÓN.....	65
8.1 Comunidad de aves migratorias	65
8.2 Abundancia absoluta de aves migratorias	66
8.3 Uso de estratos vegetales por aves migratorias	68
8.4 Influencia de la estructura vegetal en la abundancia absoluta de migratorias.....	69
9. CONCLUSIONES	71
10. RECOMENDACIONES	74
11. LITERATURA CITADA.....	75
12. ANEXOS	84

ÍNDICE DE GRÁFICAS

- Gráfica 1.** Localización geográfica del área de estudio en Colombia, Valle del Cauca y Chicoral. Puntos de muestreo en el área de estudio. Imagen generada en Google Earth versión 2010 y MapSource 6.11.6. Los círculos representan los puntos de censo y los trazos las rutas en el área de estudio. 22
- Gráfica 2.** Registro cronológico de abundancia de las aves migratorias en la vereda Chicoral por especie para todos los hábitats. El número de individuos registrados para cada especie se observa entre paréntesis (n). 36
- Gráfica 3.** Distribución porcentual del número de registros de aves migratorias observadas en los cuatro tipos de hábitats estudiados en Chicoral. El número de individuos registrados para cada especie se observa entre paréntesis (n). 42
- Gráfica 4.** Histogramas de frecuencia de las distancias de detección para *D. fusca*, *P. rubra* y *W. canadensis* en cada hábitat de Chicoral. Las flechas indican el P(75). 45
- Gráfica 5.** Comparación de la Abundancia absoluta de *D. fusca*, *P. rubra* y *W. canadensis* en cuatro hábitats para cada mes de censos en la vereda Chicoral. Los hábitats son jardín (J), fragmentos de bosque (F), borde (BO) e interior de bosque (B). Los valores entre paréntesis (n) corresponden al número de registros. 48
- Gráfica 6.** Distribución del porcentaje de árboles por intervalos de altura de la vegetación en cuatro tipos de hábitats de un paisaje andino de Chicoral - Valle del Cauca. 59
- Gráfica 7.** Distribución porcentual por intervalos DAP del total de árboles muestreados en cuatro tipos de hábitats de un paisaje andino de Chicoral - Valle del Cauca. Los valores entre paréntesis (n) corresponden al número de árboles medidos. 60
- Gráfica 8.** Funciones discriminantes (FD) 1 y 2 de las variables vegetales para la identificación asociada a la pertenencia los distintos hábitats de un paisaje andino de Chicoral - Valle del Cauca. 64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Especies de aves migratorias detectadas en el área de estudio mediante los censos auditivos y visuales.</i>	35
Tabla 2. <i>Porcentaje de puntos en los que se registró cada especie para cada mes por el total de puntos censados. El número total de individuos por especie registrados para toda la temporada (n). Se reporta el promedio \pm D.E por especie.</i>	40
Tabla 3. <i>Abundancias relativas (%) de las especies de aves migratorias registradas durante los censos auditivos y visuales en cada hábitat de un paisaje andino en la vereda Chicoral. Los valores dentro de los paréntesis (n) corresponden al número de réplicas por hábitat.</i>	43
Tabla 4. <i>Distancia de detección (m) para tres aves migratorias neotropicales por cada hábitat en Chicoral. El “n” es el número de registros para cada especie de ave por hábitat. Se reporta el promedio \pm D.E. y la P(n) que representa los cuartiles para la DED para cada tipo de hábitat, en la cual se puede detectar a cada una de las especies de aves migratorias.</i>	44
Tabla 5. <i>Abundancia absoluta (densidad corregida) para tres especies de aves migratorias neotropicales por mes para cada hábitat en Chicoral. Se reporta el promedio \pm D.E., la prueba, el estadístico (E) y el p(valor).</i>	47
Tabla 6. <i>Prueba de múltiples rangos para la abundancia absoluta de D. fusca por pares de hábitats en Enero por el método: porcentaje 95,0 de Duncan. Los valores dentro de los paréntesis (n) corresponden al número de réplicas por hábitat.</i>	49
Tabla 7. <i>Prueba de múltiples rangos para la abundancia absoluta de D. fusca por pares de hábitats en Marzo por el método: porcentaje 95,0 de Duncan. Los valores dentro de los paréntesis (n) corresponden al número de réplicas por hábitat.</i>	50
Tabla 8. <i>Prueba de múltiples rangos para la abundancia absoluta de W. canadensis por pares de hábitats en Marzo por el método: porcentaje 95,0 de Duncan. Los valores dentro de los paréntesis (n) corresponden al número de réplicas por hábitat.</i>	51
Tabla 9. <i>Abundancia absoluta (densidad corregida) para tres especies de aves migratorias neotropicales por mes dentro de cada hábitat en Chicoral. Se reporta el promedio \pm D.E., la prueba, el estadístico (E) y el p(valor).</i>	52
Tabla 10. <i>Porcentaje de uso de cada estrato vegetal por las especies de aves migratorias registradas en interior de bosque en Chicoral. Los valores entre paréntesis (n) corresponden al número de registros. Tipos de estratos r: Rasante (<0,3m); h: Herbáceo</i>	

(0,31-1,5m); Ab: Arbustivo (1,51-5m); Ar: Subarbóreo (5,1-12m) y Ai: Arbóreo inferior (12,1-25m). 53

Tabla 11. Porcentaje de uso de cada estrato vegetal por las especies de aves migratorias registradas en borde (n) en Chicoral. Los valores entre paréntesis (n) corresponden al número de registros. Tipos de estratos r: Rasante (<0,3m); h: Herbáceo (0,31-1,5m); Ab: Arbustivo (1,51-5m); Ar: Subarbóreo (5,1-12m) y Ai: Arbóreo inferior (12,1-25m). 53

Tabla 12. Porcentaje de uso de cada estrato vegetal por las especies de aves migratorias registradas en jardín (n) en Chicoral. Los valores entre paréntesis (n) corresponden al número de registros. Tipos de estratos r: Rasante (<0,3m); h: Herbáceo (0,31-1,5m); Ab: Arbustivo (1,51-5m); Ar: Subarbóreo (5,1-12m) y Ai: Arbóreo inferior (12,1-25m). 54

Tabla 13. Porcentaje de uso de cada estrato vegetal por las especies de aves migratorias registradas en Fragmento (n) en Chicoral. Los valores entre paréntesis (n) corresponden al número de registros. Tipos de estratos r: Rasante (<0,3m); h: Herbáceo (0,31-1,5m); Ab: Arbustivo (1,51-5m); Ar: Subarbóreo (5,1-12m) y Ai: Arbóreo inferior (12,1-25m). ..54

Tabla 14. Frecuencia de de uso de estratos vegetales en los distintos hábitats por las tres especies de migratorias. Estadísticos de Chi cuadrado Pearsons (χ^2). Tipos de estratos r: Rasante (<0,3m); h: Herbáceo (0,31-1,5m); Ab: Arbustivo (1,51-5m); Ar: Subarbóreo (5,1-12m) y Ai: Arbóreo inferior (12,1-25m). 55

Tabla 15. Características de la vegetación estimadas para cuatro hábitats de un paisaje andino en Chicoral - Valle del Cauca. (Promedio \pm D.E.). Los valores dentro de los paréntesis (n) corresponden al número de réplicas por hábitat. Se reporta el promedio \pm D.E., la prueba, el estadístico (E) y el p(valor). 57

Tabla 16. Presencia de epífitas en los distintos estratos vegetales por hábitats de un paisaje andino en Chicoral - Valle del Cauca. (Promedio \pm D.E.). Los valores dentro de los paréntesis (n) corresponden al número de réplicas por hábitat. Tipos de estratos r: Rasante (<0,3m); h: Herbáceo (0,31-1,5m); Ab: Arbustivo (1,51-5m); Ar: Subarbóreo (5,1-12m) y Ai: Arbóreo inferior (12,1-25m). 61

Tabla 17. Análisis discriminante para la función 1 y 2 para la identificación de variables vegetales asociadas a la pertenencia los distintos hábitats de un paisaje andino de Chicoral - Valle del Cauca. 63

Tabla 18. Funciones en los centroides de los grupos 63

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. <i>Macho de Dendroica fusca.</i>	38
Ilustración 2. <i>Macho de Piranga rubra.</i>	38
Ilustración 3. <i>Macho de Wilsonia canadensis.</i>	39

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** *Distribución de cada una de las variables de la vegetación (media \pm E.E.) en los cuatro tipos de hábitats de un paisaje andino de la vereda Chicoral - Valle del Cauca. Las cajas representa el rango de las densidades (intercuartiles), bisectada por el valor de la mediana, los cuadros la media y los puntos los aberrantes. 84*
- Anexo 2.** *Pruebas de múltiples rangos para todas las variables vegetales por hábitat por el método: porcentaje 95,0 de Tukey y Duncan. Los valores dentro de los paréntesis (n) corresponden al número de réplicas por hábitat. 85*
- Anexo 3.** *Pruebas de ANOVA y K-W para la Abundancia absoluta (Densidad corregida) de *Dendroica fusca* por mes. 90*
- Anexo 4.** *Pruebas de ANOVA y K-W para la Abundancia absoluta (Densidad corregida) de *Piranga rubra* por mes. 91*
- Anexo 5.** *Pruebas de ANOVA y K-W para la abundancia absoluta (Densidad corregida) de *Wilsonia canadensis* por mes. 92*

1. INTRODUCCIÓN

Los Andes colombianos además de su riqueza de aves residentes, alberga un gran número de especies migratorias procedentes de Norteamérica y el sur de Suramérica (Birdlife, 2011). Infortunadamente, muchos de los hábitats ocupados por estas aves durante su migración están sufriendo procesos de fragmentación, deterioro y perturbación, consecuencias de la persistencia de prácticas agrícolas y ganaderas inadecuadas, de la urbanización, el desarrollo industrial y proyectos de infraestructura urbana (Daily *et al.*, 2001; Angarita *et al.*, 2004; Belfrage *et al.*, 2005; Salinas *et al.*, 2007). La acción combinada de estos factores puede conducir a la disminución de fuentes de alimento y sitios de descanso para las aves migratorias.

Los Andes Tropicales (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) han sido reconocidos a nivel mundial como una de las áreas de máxima prioridad para la conservación de la biodiversidad, debido a que albergan una de las más altas concentraciones de especies del planeta y a que los hábitats de esta área se encuentran muy amenazados, siendo así que aproximadamente el 50% de sus hábitats naturales ha sido modificado o destruido. Esta región es, además, el hogar de aves migratorias neotropicales cuya supervivencia depende en gran parte de la salud de la multiplicidad de sus (BirdLife, 2011). Un total de 159 especies de aves migratorias neotropicales se encuentran en los Andes Tropicales de Colombia, lo que representa cerca de un tercio de todas las especies migratorias neotropicales. La mayoría provenientes de los Estados Unidos y las provincias de Canadá que mantienen poblaciones reproductoras de especies que dependen de esta región (BirdLife, 2011).

Colombia posee alrededor de 1.800 especies de aves y es conocida como uno de los países de mayor biodiversidad del mundo. El país es un lugar de paso obligado para la mayoría de las especies migratorias neárticas que visitan Suramérica, encontrándose dentro de sus fronteras muchos sitios importantes de sedimentación (“landfall sites”) y escala (“stopover sites”) para especies como el Gavilán Aliancho y el de Swainson (*Buteo*

platypterus y *B. swainsoni*). Adicionalmente, Colombia mantiene gran parte de los cuarteles de invernada de numerosas especies migratorias en los Andes Tropicales, como la Reinita Alidorada (*Vermivora chrysoptera*) y la Reinita Cerúlea (*Dendroica cerulea*), entre otras (BirdLife, 2011).

Durante las últimas décadas ha habido una proliferación considerable de investigaciones que han derivado un progreso significativo en el entendimiento de los patrones de migración y comportamiento en el neotrópico (Carlisle *et al.*, 2009). Pese a esto, el conocimiento sobre comportamiento, distribución y utilización de diferentes hábitats por parte de las aves migratorias, durante el periodo no reproductivo en sus lugares de invernada en el neotrópico, es menor que el que se tiene de sus sitios de reproducción en Norteamérica.

La conservación de aves migratorias neotropicales paseriformes ha sido objeto de considerable interés, debido principalmente a que las poblaciones de algunas especies han disminuido en los últimos años (Robbins *et al.*, 1989, Askins *et al.*, 1990, Finch, 1991, Peterjohn y Saber, 1993, Pardiek y Saber, 2000, Sauer *et al.*, 2008). Por lo tanto evaluar el uso de hábitat, comportamiento y distribución de las aves migratorias es una prioridad en los cuarteles de invierno, con el fin de evaluar las posibles amenazas para la conservación de estas aves (Askins *et al.*, 1990).

De acuerdo con Moore *et al.* (1995) los acontecimientos durante la migración pueden desempeñar un papel crítico en la situación de las poblaciones de aves migratorias. La ecología y la importancia de estos hábitats desempeñan un papel importante en el desarrollo de estrategias de conservación para las aves migratorias. La información sobre de la riqueza y abundancia de las aves migratorias proviene en su mayoría de estudios realizados en Norteamérica, México y en una menor proporción de países de Centro y Sur América.

Los parámetros como la composición (diversidad en el número de especies vegetales y predominancia) y estructura de la vegetación (como la variedad de estratos vegetales, AB, H', DAP, cobertura y presencia de epifitismo), han sido identificados como buenos indicadores de la riqueza y abundancia de las aves (Bersier y Meyer, 1994, 1995; Rodríguez *et al.*, 1996; García *et al.*, 1998). Aún cuando existe evidencia de todo lo anterior, es muy difícil encontrar publicaciones que relacionen la abundancia de especies de aves migratorias con aspectos estructurales de la vegetación. En Colombia se han hecho esfuerzos por comprender esta relación entre las aves migratorias y la estructura de la vegetación (De La Zerda, 2000; Colorado y Cuadros, 2006; Calderón, 2007; Moreno *et al.*, 2006, 2007; Welton *et al.*, 2007), y pese a la importancia de Colombia (alta riqueza, cruce de rutas migratorias) se desconoce el tamaño de las poblaciones que invernan en nuestro país y se puede afirmar que el conocimiento de esta relación es aun pobre, particularmente, para los distintos hábitats presentes en el paisaje andino colombiano.

1.1 Censos de aves migratorias

Un método de censo de aves que estima el número de aves por el área en lugar de la abundancia relativa, es deseable cuando el objetivo es estimar el número y especies de aves en una comunidad (Wiens & Nussbaum, 1975; Hussell & Ralph, 2005), el cálculo de la diversidad de especies (MacArthur, 1960; MacArthur y MacArthur, 1961; Hussell & Ralph 2005), o para dilucidar los efectos de las alteraciones del hábitat sobre las poblaciones de aves (Bock y Lynch, 1970; Hussell & Ralph, 2005). Al proveer valores absolutos, también permite comparar con otros sitios de estudio.

El método de muestreo para la realización de un estudio ecológico relacionado con aves en el territorio colombiano, debe tener en consideración diversos factores, ya que los métodos existentes requieren diferentes cantidades de esfuerzo y dan resultados desiguales de precisión (Kendeigh, 1944; Emlen, 1971; Robinette *et al.*, 1974; Best, 1975; Franzreb, 1976; Hussell & Ralph, 2005), estos factores son la topografía, el régimen de lluvias, personal disponible, los picos de actividad, la altura, las especies de interés, la época del

año, el tiempo disponible, el número y tipos de hábitats que se deben censar, y la precisión de la estimación de la densidad que se requiere.

A diferencia de los conteos en puntos de radio fijo, en el método punto fijo con radio variable, el área inspeccionada es determinada por la detectabilidad de cada especie y la agudeza del observador en cada hábitat a censar. Además, este método de conteo es relativamente rápido y preciso, y una sola persona puede censar una amplia variedad de comunidades de aves durante cualquier época del año (Reynolds *et al.*, 1980).

Por su lado, un observador estacionario pasa más tiempo en busca de aves y menos tiempo viendo la trayectoria del recorrido. Por lo tanto, como resultado, las estimaciones de la densidad y la composición de especies se verán favorecidas (Reynolds *et al.*, 1980). Con este método el observador cuenta todas las aves vistas u oídas en torno a un punto estacionario, y calcula la distancia horizontal desde este a cada ave. Los períodos de conteo en los puntos varían según la comunidad aviar y la complejidad estructural de la vegetación. Respecto al tiempo de conteo en la literatura existe un rango preferente que va desde 2 a 20 minutos (Bibby *et al.*, 1993).

La densidad de cada especie está determinada por el número de individuos por unidad de superficie. Aunque todas las observaciones más allá del radio variable sean rechazadas con este procedimiento, los coeficientes de detectabilidad pueden ser determinados para cada especie (Reynolds *et al.*, 1980). Por último, el uso del método de conteo en puntos de radio variable permite hacer afirmaciones más definidas sobre la relación entre las variables del hábitat, la abundancia y ocurrencia de las especies de aves (Reynolds *et al.*, 1980).

1.2 Abundancia de aves migratorias

Las tendencias hacia el declive en algunas poblaciones de aves residentes y migratorias han generado la necesidad de determinar prioridades de conservación, las cuales deben estar basadas en el conocimiento científico de sus distribuciones y abundancias. Para considerar que un área es importante para su conservación, es necesario evaluar la calidad de los diferentes hábitats que están potencialmente disponibles para estas aves (Stotz *et al.*, 1996). Para esto se puede utilizar un enfoque desde la ecología de comunidades; estos estudios, a diferencia de los que se centran en la conservación de especies clave o de grandes rangos de actividad, permiten maximizar la protección de la diversidad de una región determinada (Caringnan y Villard, 2001).

La abundancia puede ser medida de tres maneras: como el número total de individuos de toda una población (sólo se alcanza en poblaciones muy pequeñas y en la especie humana), como el número de individuos por unidad de área (densidad absoluta), y como la densidad de una población en relación con otra o con sí misma en otro momento (densidad relativa) (Caughley, 1977).

Se eligió para este proyecto la abundancia de las especies de aves migratorias, ya que es fácilmente derivada de la presencia/ausencia/densidad de los datos generados por censos (Mitchell *et al.*, 2006) y pueden ser relacionadas y comparadas con las características estructurales de distintos tipos de hábitats. La abundancia es importante ya que se desea evaluar cual tipo de hábitat soporta más individuos que otro, con el fin de relacionarlo con la estructura presente en estos. La determinación de la abundancia de especies puede incrementar la habilidad para responder preguntas de carácter ecológico y servir de guía en la toma de decisiones para la conservación de las aves migratorias neotropicales.

Por todo lo anterior, el propósito de este proyecto es analizar como la estructura de la vegetación de los diferentes hábitats localizados en la vereda Chicoral, influye en la

abundancia absoluta de algunas poblaciones de aves migratorias neotropicales. Adicionalmente, este proyecto espera contribuir con la conservación de las aves migratorias en los Andes colombianos al sugerir elementos técnicos para el desarrollo de herramientas de manejo de hábitats. De esta manera, los propietarios privados y comunidades locales interesadas en conservación, pueden contribuir a mejorar el paisaje de forma positiva para estas aves.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Estimar y relacionar la abundancia absoluta de aves migratorias neotropicales con características estructurales de los hábitats presentes en la vereda Chicoral.

2.2 Objetivos específicos

- Comparar la densidad de las poblaciones (abundancia absoluta) de aves migratorias neotropicales en varios hábitats en Chicoral.
- Determinar si el uso de los hábitats por aves migratorias varía durante su residencia invernal en la vereda Chicoral.
- Describir y cuantificar el uso de estratos por parte de las aves migratorias.
- Determinar si existe una relación entre la abundancia de aves migratorias y las características de la estructura vegetal en varios hábitats presentes en Chicoral.

3. HIPÓTESIS

Si las características del hábitat, como estructura de la vegetación, están relacionadas con la abundancia absoluta de aves migratorias que llegan a la vereda Chicoral, entonces se espera que las réplicas de los hábitats con similares características en estructura vegetal posean valores de abundancia absoluta de especies de aves migratorias equivalentes.

4. ÁREA DE ESTUDIO

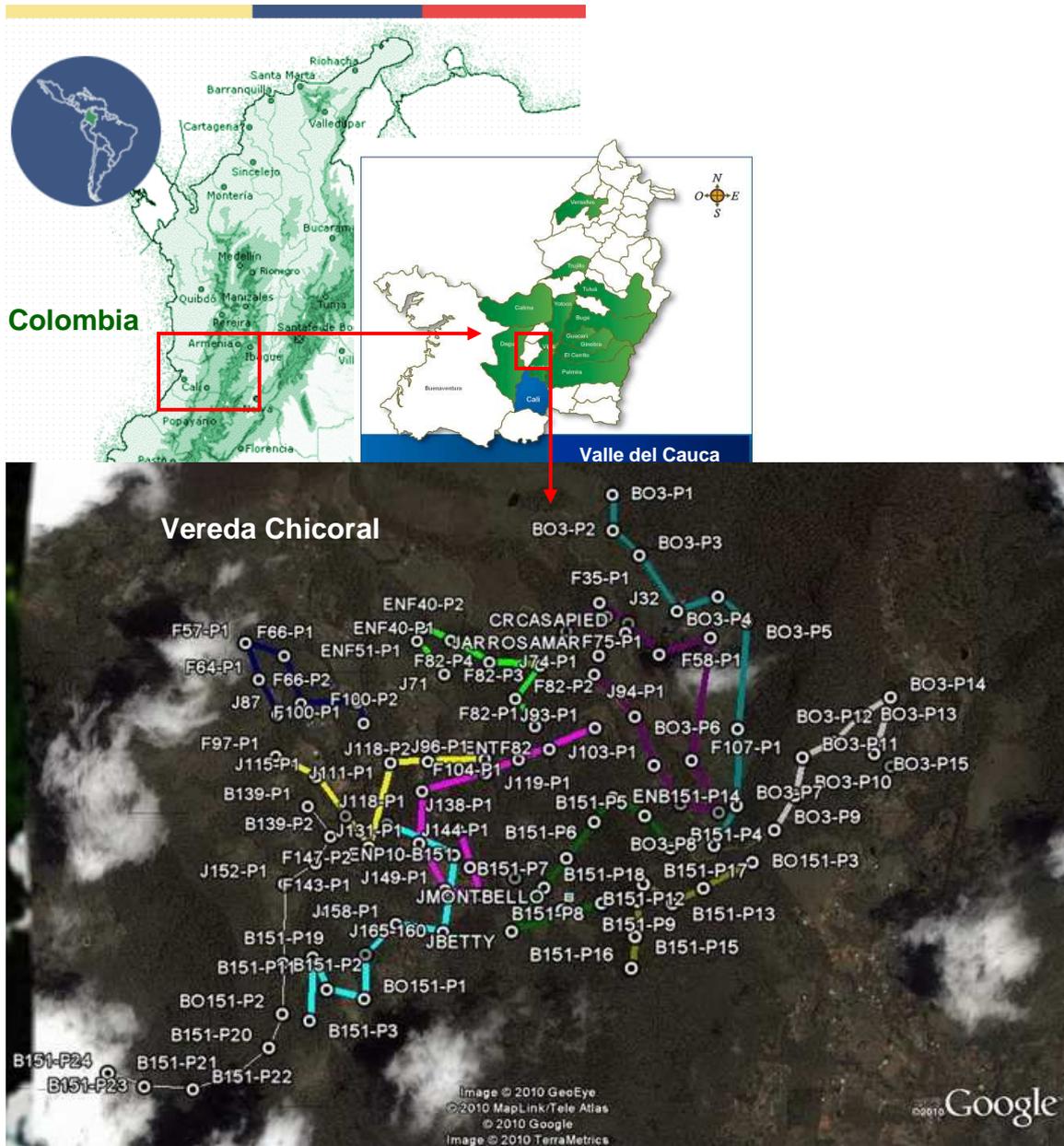
La vereda Chicoral se encuentra en la parte más alta del corregimiento de Bitaco (Alto Bitaco) en el municipio de La Cumbre, Valle del Cauca ($3^{\circ} 34' 27''$ N y $76^{\circ} 34' 54''$ W), sobre la vertiente del Pacífico de la cordillera Occidental (Gráfica 1). Es una vereda compuesta en un 60% de bosques ubicados a lo largo del filo de la cordillera, que protegen las cuencas altas del río Bitaco y varias quebradas afluentes del mismo. Los bosques de la microcuenca Chicoral abarcan cerca de 600ha entre los 1700 y 2100msnm. (CVC, 2006), pero están conectados con otros bosques como los de "El 18", El 26, La Elvira, Pavas y Dapa, cubriendo un área aproximada de 2500ha. La extensión de terrenos se distribuye aproximadamente para cada hábitat en fragmentos de bosque con 377ha, jardines de fincas con 244ha, interior de bosque con 512ha, y dentro de este último podemos considerar una franja de borde de aproximadamente 180ha.

Chicoral es un sitio de gran interés biogeográfico, siendo uno de los pasos bajos de la Cordillera Occidental y el extremo norte del área de endemismo aviar "Farallones de Cali". El paisaje en la localidad está dominado por numerosas casas de recreo, con parches de bosque nativo y secundario, algunas plantaciones forestales de especies introducidas, sembrados de flores, frutales y hortalizas, y un cultivo extenso de té (*Camellia sinensis*). En Chicoral se encuentran varias reservas de la sociedad civil, donde los propietarios de los predios son pieza clave para su conservación, al tomar la decisión de proteger el bosque en su totalidad.

Las cuencas presentan una considerable cobertura vegetal secundaria. La precipitación anual promedio en Chicoral es de 998mm. (Restrepo y Naranjo, 1999). El sistema de lluvias es bimodal y de acuerdo con el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge, la vereda Chicoral puede ser catalogada como bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) con transición a bosque muy húmedo montano bajo (Espinal & Montenegro, 1963, Holdridge *et al.*, 1971).

En la vereda Chicoral hay zonas destinadas a la conservación que representan cerca del 60% del área. Chicoral ha sido reconocido como una de las Áreas Importantes para la Conservación de las Aves (AICA) por el Instituto Humboldt y Birdlife Internacional (Datos Asociación Calidris, 2009). Esta vereda también es un sitio importante para el desarrollo de investigaciones a largo plazo sobre las aves y el bosque Andino (Montealegre, 2009 y Arango, 2010), y forma parte de las estaciones de Monitoreo de supervivencia invernal - MOSI coordinadas por el Instituto de Poblaciones Aviares – IBP (Datos Asociación Calidris, 2009).

En Chicoral se han registrado 240 especies que corresponden primordialmente a aves propias de bosques andinos (Datos Asociación Calidris). Es un sitio importante para la llegada de especies migratorias, donde se han registrado dieciocho especies, entre ellas especies con alta preocupación a escala continental como la Reinita Cerúlea (*Dendroica cerulea*), la Reinita Alidorada (*Vermivora chrysoptera*) y la Reinita del Canadá (*Wisonia canadensis*) (Rich *et al.* 2005).



Gráfica 1. Localización geográfica del área de estudio en Colombia, Valle del Cauca y Chicoral. Puntos de muestreo en el área de estudio. Imagen generada en Google Earth versión 2010 y MapSource 6.11.6. Los círculos representan los puntos de censo y los trazos las rutas en el área de estudio.

4.1 Vegetación

En los bosques de la zona las familias Rubiaceae, Lauraceae y Melastomataceae son las que están representadas por un mayor número de especies (Cano, 2009). Entre las especies más comunes se encuentran: *Prestoea acuminata*, *Chamaedorea linearis* (Arecaceae), *Matisia bolivarii* (Bombacaceae), *Otoba lehmannii* (Myristicaceae), *Guarea* aff. *kunthiana* (Meliaceae), *Casearia biflora* (Flacourtiaceae), *Hyeronima scabrida* (Euphorbiaceae), *Eschweilera caudiculata* (Lecythidaceae), *Aniba puchury*, *A. minor*, y tres especies de *Ocotea* (Lauraceae), *Palicourea lehmannii*, *Faramea oblongifolia* (Rubiaceae) (Cano 2009) y *Heliocarpus americanus* (Tiliaceae) (Obs. pers). Menos frecuentes son algunas especies pioneras como: *Elaeagia utilis* (Rubiaceae), *Piper crassinervium* (Piperaceae), *Chrysochlamys colombiana* (Clusiaceae) y *Siparuna laurifolia* (Siparunaceae) entre otras (Cano, 2009).

En la zona son característicos los cultivos de té (*Camellia sinensis*) de la empresa Agrícola Himalaya con aproximadamente 80ha, en cuyo interior permanecen algunos arbustos y árboles aislados de especies nativas y exóticas que no superan los 15m de altura (Arango, 2010). La plantación de té se compone de arbustos de 1,2m de altura aproximada, de los cuales periódicamente se cosecha el follaje. En menor proporción hay terrenos dedicados al cultivo de anturios (*Anthurium andreanum*), heliconias y orquídeas en las inmediaciones de los jardines de casas de recreo y de las viviendas de los habitantes de la vereda. En los jardines la vegetación herbácea y arbustiva corresponde a especies frutales y ornamentales tanto nativas como introducidas. Algunos jardines presentan pequeñas áreas de pasto, en las cuales hay árboles nativos aislados de más de 10m de altura, como también pinos (*Pinus patula*) y eucaliptos (*Eucaliptus* sp.) plantados que alcanzan alturas mayores a 20m (Arango, 2010).

5. METODOLOGÍA

5.1 Diseño de muestreo

Realicé censos de aves en 92 puntos distribuidos en cuatro tipos de hábitats que seleccioné sistemáticamente con la ayuda de un mapa de predios y la interpretación de fotografías aéreas de toda la vereda. Estos hábitats son borde de bosque (BO) (N=18), interior de bosque (B) (N=26), fragmentos de bosque (F) (N=26) y jardines de finca (J) (N=22). En Octubre de 2009 con la ayuda de un GPS Garmin (Serie Legend) demarqué las coordenadas garantizando una distancia mínima aproximada de 150 metros lineales de un punto a otro.

Entre Noviembre de 2009 y Marzo de 2010, realicé visitas mensuales al área de estudio. En cada visita cubrí 11 rutas de muestreo (una por día) de 7-11 puntos de censo en cada una, para un total de 66 días de muestreo (cubriendo todos los puntos cada mes). Abarqué el máximo del área de los hábitats presentes en cada una de estas rutas y replicas por hábitat, y establecí el máximo de puntos de muestreo posibles por cada réplica de hábitat. Recorrí cada ruta en las primeras horas de la mañana (6:00-11:00) buscando las horas de mayor actividad de las aves. Identifiqué cada punto con un código para facilitar su seguimiento e identificación durante todo el estudio.

5.2 Muestreo de aves

Para el censo implementé el método de conteo en puntos de radio variable (Reynolds *et al.*, 1980; Buckland, 1987). Este método de censo es uno de los más eficientes para estimar la abundancia, en especial cuando la evaluación comprende una amplia área de estudio, diferentes tipos de hábitats, como en Chicoral y también debido a que las poblaciones de aves difieren en muchas características como organización social, tamaño y hábitos (Koskimies y Vaisanen, 1991).

En cada punto de censo dejé transcurrir un corto periodo de tiempo (no menor de 1 minuto) luego de que llegué cada punto de censo para que así cesaran las perturbaciones que pude haber originado y poder detectar las aves presentes durante un tiempo determinado (tiempo de conteo). Seleccioné un tiempo de conteo de 10 minutos como el más conveniente, dado que este periodo de tiempo es suficientemente corto para no hacer un recuento de las aves que se desplazan poco, ni de las que se desplazan muy activamente, también es lo suficientemente largo como para registrar aves solitarias, poco conspicuas, y de esta manera evitar la sobre y subestimación de especies e individuos dentro del radio de censo (Reynolds *et al.*, 1980).

En cada punto de censo registré todas las especies de aves migratorias que identifiqué visual y auditivamente. Las especies de aves las visualicé con la ayuda de unos binoculares Bushnell H₂O, mediante su identificación posterior con las guías de campo de Chandler *et al.*, (1983) y Nacional Geographic Field Guide to the Birds of North America (1999) y auditivamente las cotejé con grabaciones consultadas en www.xeno-canto.org.

Para cada ave registré la especie, sexo, hábitat, tipo de detección, distancia de detección y estrato vegetal. El tipo de detección incluyó Oído (*Oí*), Visto (*Vi*) o ambas (*Vo*). La distancia de detección es la distancia horizontal a la posición del ave cuando la observé por primera vez, la estimé en metros, con respecto a la posición del centro de censo (u observador), la calculé de manera visual con la ayuda de un telémetro digital Bushnell Serie Yardage PRO (± 1 metro).

Clasifiqué los estratos según lo descrito por Cortés (2003) dependiendo de la altura de la vegetación, diferenciando los siguientes estratos: Rasante (*r*): <0,3m; Herbáceo (*h*): 0,31-1,5m; Arbustivo (*Ab*):1,51-5m; Subarbóreo (*Ar*): 5,1-12m; Arbóreo inferior (*Ai*): >12,1m.

5.3 Estructura vegetal

Para evaluar la estructura realicé siete levantamientos de la vegetación (parcelas cuadradas) de 20m de lado y un área de 400m², en cada tipo de hábitat (jardín, fragmento de bosque, borde e interior de bosque), en el hábitat borde sólo fue posible la realización de tres parcelas por lo cual fue necesario acudir a los datos de las parcelas de otro estudio (Cano, 2009) que se encuentran dentro del área de estudio (código de estas parcelas: CHICTR02, -09, -10 y -13) y que coinciden con replicas de este hábitat en mi trabajo; también hay que tener en cuenta que esto puede inducir distorsión en los resultados del presente estudio para este tipo de hábitat.

En el levantamiento de las parcelas extendí dos lazos de 28,3m de diagonal, 14,15m de cuerda con marcas cada 2,83m, uno lazo en sentido Norte-Sur y otro en sentido Este-Oeste pasando por el centro de la parcela. Las parcelas son de 0,04ha. Todas las ramas y troncos que entré en contacto a un radio de 1m (o cilindro de 1m) a partir de la vara de aluminio (vara de toques) los contabilicé para cada intervalo de altura. Este es el método punto-cuadrante (Brower *et al.*, 1998).

Estimé los índices para las características estructurales, tales como: altura de la vegetación arbórea en metros (árboles, palmas y helechos) y diámetro del tronco a media altura del pecho o DAP (a 1,3m) en cm para vegetación con un DAP mayor de 3,2cm (CAP=10cm). Área basal (AB) en m², el volumen de la vegetación en diferentes intervalos (0-0,25m, 0,25-0,5m, 0,5-0,75m, 0,75-1m, 1-1,5m, 1,5-2m, 2-2,5m, 2,5-3m, 3-4m, 4-6m, 6-8m, 8-10m, 10-12m, 12-15m, 15-20m, 20-30m y por encima de 30m), y el volumen total de la vegetación (VTV) que es la suma de los valores de todos los intervalos por área de muestreo.

Con la ayuda de un flexómetro, medí el CAP (circunferencia a la altura del pecho) de cada árbol y arbusto (aproximadamente a 1,3m de altura). Estimé la altura de árboles y arbustos con CAP mayor o igual a 10cm, que equivale a un DAP mayor o igual a 3,18cm.

La altura de los árboles (m), altura de plantas (cm) y altura de arbustos (m) los calculé de manera visual con la ayuda de un telémetro digital Bushnell serie Yardage PRO (± 1 metro).

Estas mediciones las efectué cada 2,83m en sentido Norte-Sur y Este-Oeste sin contar el centro, con un tubo de aluminio de 4m de altura marcado a intervalos de 0,25m, 0,50m y 1,0m contando los intervalos en los cuales observé intercepción de vegetación hasta una distancia 1m perpendiculares al tubo, modificada del método aplicado por Mills *et al.* (1991). Por encima de 4m de altura realicé esta estimación de forma visual a intervalos de 2m, 3m, 5m y 10m según la altura del dosel.

Observé la presencia de epífitas en los cuatro puntos cardinales de cada parcela. Para este fin, dividí cada árbol en estratos tal y como fueron designados en este trabajo según su altura (Sección 5.2) y en cada uno determiné la presencia o ausencia de epífitas en seis categorías: *Aracea*, *Bromeliacea*, *Orchidacea*, musgos, helechos y *Cyclantacea*, esto con el objetivo de tener una estimación de su abundancia relativa en cada tipo de hábitat según el método empleado por Laverde *et al.* (2005).

Con estos datos calculé el área basal (AB) por hectárea (ha), el volumen total de la vegetación (VTV), la cobertura vegetal arbórea (C) en porcentaje (%C), la diversidad de estratos vegetales (H'), la densidad arbórea en m^2 para cada uno de los 28 levantamientos, la presencia de epífitas (abundancia relativa) calculada a partir de la presencia por estrato sobre el total de estratos muestreados. Es importante aclarar, que el índice de diversidad de estratos H' , normalmente toma valores entre 1 y 4,5. Valores encima de 3 son típicamente interpretados como "diversos". También calculé el porcentaje y el total de epifitas por estrato.

6. ANÁLISIS DE DATOS

6.1 Comunidad de aves migratorias

Las observaciones de todas las aves migratorias realizadas en Campo fueron tabuladas incluyendo la especie, el número de individuos y el tipo de registro (visual, auditivo o ambos) (Tabla 1). También realicé una gráfica con los registros cronológicos por mes, de la abundancia de todas las especies migratorias (Grafica 2).

6.2 Selección de componente de aves migratorias

Se seleccionaron las especies de aves migratorias con mayor número de observaciones, mediante un criterio de selección derivado de los valores de frecuencia. Utilicé como criterio de selección de las especies de aves migratorias para los análisis estadísticos, aquellas especies que tuvieran una frecuencia promedio de observaciones mayor de 10 con relación al total de puntos a lo largo de toda la temporada de estudio. Esta frecuencia fue calculada como el total de puntos en los cuales se registró cada especie por mes, sobre el total de puntos censados (92 puntos) por mes.

6.3 Uso de hábitat del componente migratorio

Con el fin de visualizar el uso de los distintos hábitats por parte de las aves migratorias, realicé un gráfico de distribuciones porcentuales a partir de las frecuencias absolutas de los registros de cada especie de migratoria para cada hábitat (Gráfica 3). También estimé la abundancia relativa en términos de porcentaje de todas las especies de aves migratorias registradas durante los censos auditivos y visuales en cada tipo de hábitat en la vereda Chicoral (Tabla 3). Esto como un estimativo del uso de los distintos hábitats por cada especie.

6.4 Abundancia de aves migratorias y distancias de detección

Se utiliza la densidad como un estimativo de la abundancia absoluta. Para la evaluación de la densidad se utilizaron los datos de las tres especies de aves seleccionadas (ver sección 8.2) (Tabla 2). Elaboré histogramas de frecuencia relativa para visualizar la distancia de detección estimada para estas tres especies en cada uno de los hábitats (Grafica 4).

Para obtener densidades poblacionales, calculé la distancia efectiva de detección (DED) para cada tipo de hábitat y mes de censo, utilizando los datos de los muestreos de Noviembre de 2009 a Marzo de 2010 (Tabla 4, Graficas 4). Realice un estadístico descriptivo con el paquete estadístico InfoStat versión 2010 (Di Rienzo *et al.*, 2010), utilizando el tercer cuartil ($Q=75$), seleccioné el tercer cuartil dado que es una cantidad de datos suficientemente amplia, pero que a su vez elimina los valores más extremos. Esta prueba permite obtener la distancia efectiva para cada tipo de hábitat en la cual se puede detectar a cada una de las especies de aves migratorias ($P(75)$).

La DED se entiende como la distancia en metros desde el centro del punto de censo en que la especie puede ser registrada con alta confiabilidad dependiendo de la distribución que muestren los registros con respecto a la distancia al centro (radio). Con el DED calculé el área efectiva de muestreo (AEM) para cada hábitat, con el fin de obtener densidades corregidas (individuos/ha) en cada tipo de hábitat. Calculé esta área como: $\text{Área} = \pi \cdot r^2$. Donde: $\pi=3,142$ y $r^2= \text{DED al cuadrado}$ y luego se transformó en hectáreas (ha). Calculé la densidad de cada especie, para cada mes de censo por parcela, teniendo en cuenta el total de registros durante cada censo sobre las hectáreas (ha) de muestreo de cada hábitat.

Calculé el promedio de la densidad de aves para cada mes, en cada tipo de hábitat por medio de una prueba de estadística descriptiva con el paquete estadístico InfoStat versión 2010 (Di Rienzo *et al.*, 2010), como un estimativo de esta para cada tipo de hábitat. Los datos obtenidos se sometieron a pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk) y

homocedasticidad (F) para analizar si hay diferencias significativas ($p \leq 0,05$) para un nivel de confianza del 95% para las densidades de los hábitats seleccionados en este estudio, en alguna de las poblaciones de aves migratorias. Esto con el fin de tener un adecuado criterio de decisión para aplicar un test paramétrico de ANOVA o una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (K-W), y poder así analizar si hay diferencias estadísticamente significativas entre las densidades de las tres poblaciones de aves en alguno de estos hábitats por mes (ver Anexo 4, 5 y 6).

Posteriormente realicé pruebas de rango post-hoc (Tukey o Duncan, paramétrico y no paramétrico respectivamente) en los meses donde se detecten diferencias significativas en la abundancia absoluta de cada especie de ave con el paquete estadístico Statgraphics Centurion Versión 2007, con el fin de visualizar más precisamente entre que hábitats se presentan estas diferencias. Los datos obtenidos en las pruebas para la abundancia, se cotejan con los resultados de los análisis de la estructura vegetal, para así determinar la existencia o no de influencia de esta última sobre la abundancias absoluta.

6.5 Estructura de la vegetación

6.5.1 DAP, AB y altura para cada tipo de hábitat

Los datos medidos en campo del CAP fueron transformados para calcular el DAP mediante la fórmula:

$$DAP = CAP/\pi \quad (1)$$

Luego todos individuos fueron agrupados según su DAP en intervalos de clases diamétricas de manera arbitraria (3,2-11; 11,1-19; 19,1-27; 27,1-35; 35,1-43 y >43 en cm). Para calcular el área basal que es al área en metros cuadrados del corte transversal de un árbol a la altura del pecho (a 1,30 m), apliqué la fórmula del área del círculo, expresada como:

$$A = (\pi/4) \cdot d^2$$

Donde:

D: diámetro del árbol.

También, se agruparon las alturas estimadas de la vegetación arbórea censada en intervalos según las siguientes clases de altura: 1-3,9m (Arbustos), 4-9,9m (Árboles de altura intermedia), 10-20m (Árboles grandes) y >20m (Árboles emergentes). Con los datos obtenidos calculé el porcentaje de individuos por clase diamétrica e intervalos de altura para cada tipo de hábitat y construí gráficos de distribución porcentual para cada variable (Gráficas 6 y 7). Adicionalmente, estimé la densidad arbórea por parcela y hallé el promedio para tener un estimativo para cada tipo de hábitat.

Para el resto de la caracterización vegetal realicé las siguientes pruebas y cálculo de índices o estimativos:

6.5.2 Volumen total de la vegetación (VTV)

Con los datos obtenidos de intercepción de vegetación con la vara de toques calculé el volumen total de la vegetación (VTV) por parcela para cada hábitat según la fórmula:

$$VTV = h / Ap \quad (2)$$

Donde:

VTV: volumen total de la vegetación.

h: número total de intercepciones de vegetación sobre el cilindro de 1m de radio a partir del tubo de aluminio en todos los intervalos de altura en cada uno de los puntos.

A: que corresponde al área muestreada en cada punto de la parcela ($30m^2$).

p: número de puntos de muestreo (20 por parcela). En este sentido, los valores obtenidos son en centímetros cúbicos (cm^3) de vegetación por metro cuadrado (m^2).

6.5.3 Diversidad de estratos vegetales (H')

Para cada hábitat los datos de los estratos vegetales fueron analizados mediante el índice de diversidad de Shannon-Wiener (H'), considerando como “especies” los intervalos de altura de la vara y número de “individuos” las intercepciones de vegetación en cada intervalo de altura. El índice de Shannon-Wiener se puede calcular ya sea con el logaritmo natural (Ln) o con el logaritmo con base 10 (Lg10), pero, es importante especificar que en este trabajo se utiliza el logaritmo natural, según la fórmula:

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad (3)$$

Donde:

H' = índice de Shannon-Wiener.

P_i = abundancia relativa de estratos (proporción de intercepciones totales encontradas en cada intervalo de altura).

Ln = logaritmo natural.

6.5.4 Índice de cobertura vegetal (C)

La cobertura vegetal se estimó teniendo en cuenta el área basal ocupada por los individuos con un DAP mayor a 3,2cm, según la fórmula:

$$C = \sum a/A \quad (4)$$

Donde:

a: área basal (AB) en m^2 de cada individuo vegetal muestreado.

A: área muestreada por parcela ($400m^2$).

Cada valor hallado por parcela para este índice se multiplicó por cien para obtener el índice en términos de porcentaje (%C).

6.5.5 Estimación de la presencia de epífitas

En cada parcela obtuve la abundancia relativa de epífitas como un indicador de presencia de epífitas. Los datos obtenidos en cada parcela vegetal los consideré como réplicas de acuerdo con el tipo de hábitat, los sometí a pruebas de normalidad W (Shapiro-Wilk) y homocedasticidad (F) por pares de combinaciones de hábitats (por ejemplo: interior de bosque-jardín), cumpliendo con la regla del número posible de pares de pruebas (seis pares), con el programa estadístico Past 2010 (Hammer *et al.*, 2010), esto con el fin de determinar si la distribución de los datos cumplía con los supuestos requeridos para realizar una prueba estadística paramétrica (ANOVA).

Los pares de prueba que cumplieron los supuestos para un análisis paramétrico les realicé un test de ANOVA de una vía, con el paquete estadístico Statgraphics Centurion Versión 2007, que permite el estudio simultáneo de las diferencias entre los hábitats con un nivel fijo de significancia ($\alpha= 0,05$). Para los datos de los pares de prueba que no cumplieron con los supuestos para una ANOVA, les realicé un test de Kruskal-Wallis (K-W) por factores (Statgraphics Centurión 2007). Estos análisis los realicé con el fin de detectar diferencias entre los cuatro tipos de hábitats para cada índice o estimativo, y poder caracterizar cada uno de los hábitats.

6.6 Diferenciación entre hábitats

Por medio de un análisis discriminante (AD) con el paquete estadístico Statgraphics Centurión 2007, describí los hábitats para ver cuáles de las variables vegetales anteriores los diferencian mejor, al maximizar la variabilidad entre grupos relativa a la variabilidad dentro de ellos. En pocas palabras, este análisis me ayuda a identificar las características que diferencian (discriminan) los hábitats al visualizar que variable (o variables) permiten diferenciarlos y cuántas de estas variables son necesarias para alcanzar la mejor clasificación posible (de un hábitat). Este análisis discriminante se da con el objeto de utilizar los valores observados de las variables independientes de la vegetación para los

distintos tipos de hábitats, para realizar predicciones sobre el valor de estas en los valores de las variables de agrupación o dependiente para los 4 tipos de hábitats.

6.7 Utilización de estratos vegetales

Para determinar el uso de los distintos estratos vegetales, realicé una Tabla de Contingencia (prueba no paramétrica) del estadístico Chi Cuadrado (χ^2) de Pearson, con los datos de observaciones en campo en cada estrato vegetal, para cada una de las tres especies seleccionadas para análisis estadísticos por hábitat (sección 8.2). Realicé una tabla de las frecuencias y el p(valor) del estadístico χ^2 . También representé mediante tablas el porcentaje de utilización de cada estrato vegetal en cada hábitat para todas las especies de aves migratorias registradas en Chicoral (Tabla 7).

6.8 Estructura vegetal y abundancia de migratorias

Debido a problemas logísticos y de presupuesto no se pudieron realizar los 92 levantamientos o parcelas para estudiar la estructura vegetal como era lo más adecuado y poder apegarse al diseño del trabajo (Ver sección 5.3). Por lo tanto para determinar si existe relación entre la estructura de la vegetación y la abundancia de aves migratorias en los distintos tipos de hábitats presentes en Chicoral, comparé y analicé los resultados obtenidos en las pruebas estadísticas realizadas con las variables de abundancia absoluta y los patrones estudiados en las aves migratorias, con lo obtenido para la caracterización vegetal y la diferenciación entre hábitats (sección 6.6).

7. RESULTADOS

7.1 Comunidad de aves migratorias

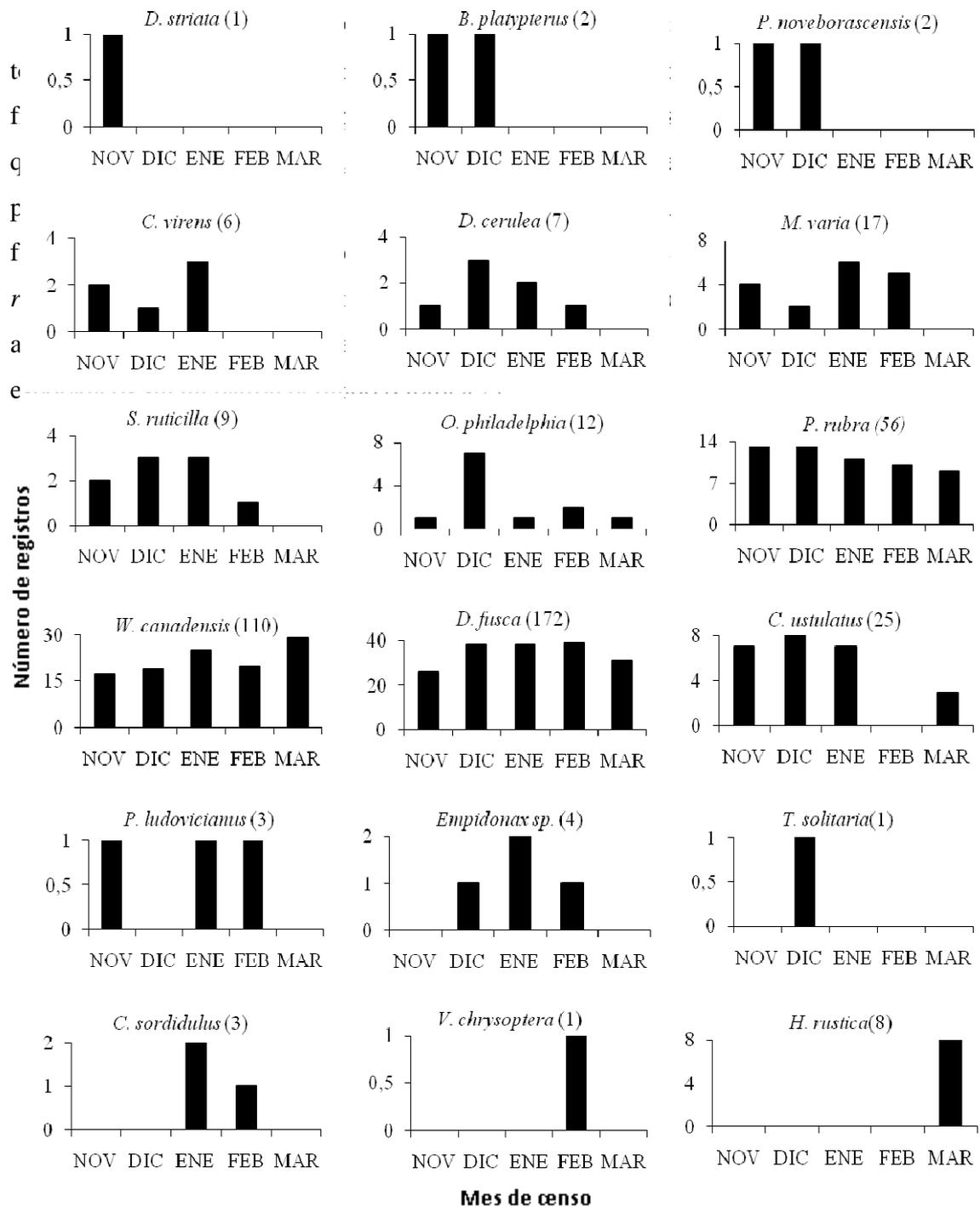
Registré un total de dieciocho especies de aves migratorias en el área de estudio, de las cuales registré once especies fueron solo visualmente (61,1%) y siete especies tanto visual como auditivamente (38,9%); no detecté ninguna especie únicamente de forma auditiva (Tabla1). Las especies que presentaron un mayor número de registros fueron *Dendroica fusca* (172), *Wilsonia canadensis* (110) y *Piranga rubra* (56) (Tabla1). Se obtuvo un total de 439 registros de aves migratorias. Las especies *Tringa solitaria*, *Contopus sordidulus*, *Hirundo rustica*, *Parkesia noveborascensis* y *Vermivora chrysoptera* fueron detectadas por fuera de los puntos de censo (Tabla1).

Tabla 1. Especies de aves migratorias detectadas en el área de estudio mediante los censos auditivos y visuales.

Familia	Especie	N° Registros	Tipo de detección*		
			Vi	Oí	VO
Accipitridae	<i>Buteo platypterus</i>	2	-	-	x
Scolopacidae	<i>Tringa solitaria</i> ⁺	1	x	-	-
Tyrannidae	<i>Contopus sordidulus</i> ⁺	3	x	-	-
	<i>Contopus virens</i>	6	x	-	-
	<i>Empidonax sp.</i>	4	x	-	-
Turdidae	<i>Catharus ustulatus</i>	25	x	-	-
Hirundinidae	<i>Hirundo rustica</i> ⁺	8	x	-	-
Parulidae	<i>Dendroica cerulea</i>	7	x	-	-
	<i>Dendroica fusca</i>	172	-	-	x
	<i>Dendroica striata</i>	1	x	-	-
	<i>Mniotilta varia</i>	17	-	-	x
	<i>Oporornis philadelphia</i>	12	-	-	x
	<i>Setophaga ruticilla</i>	9	-	-	x
	<i>Parkesia noveborascensis</i> ⁺	2	x	-	-
	<i>Vermivora chrysoptera</i> ⁺	1	x	-	-
	<i>Wilsonia canadensis</i>	110	-	-	x
	Cardinalidae	<i>Piranga rubra</i>	56	-	-
<i>Pheucticus ludovicianus</i>		3	x	-	-

* Tipo de detección: Vi: visto, Oí: oído y VO: visto-oído.

+Especies observadas solo fuera de puntos de censo.



Gráfica 2. Registro cronológico de abundancia de las aves migratorias en la vereda Chicoral por especie para todos los hábitats. El número de individuos registrados para cada especie se observa entre paréntesis (n).

7.2 Frecuencia de aves migratorias

Seleccioné las siguientes tres especies, en las cuales obtuve una mayor frecuencia de observaciones (>10%) con relación al total de puntos: *Dendroica fusca*, *Piranga rubra* y *Wilsonia canadensis* (Ilustraciones 1, 2 y 3) de un total de dieciocho especies de aves migratorias registradas (Tabla 2), esto con el fin de tener una muestra lo suficientemente representativa de cada población de ave para hacer análisis estadísticos con una buena confiabilidad. Obtuve un total de 338 registros de estas tres especies, de las cuales 172 pertenecen a *D. fusca*, 56 a *P. rubra* y 110 a *W. canadensis* (Tabla 2).

La especie migratoria más común fue *D. fusca*, que estuvo presente en promedio en 30% de los puntos de conteo, por su parte *W. canadensis* estuvo presente en promedio en un 21% de los puntos, mientras *P. rubra* apenas se presentó en aproximadamente una décima parte del total de puntos. La frecuencia de las demás especies no supera el 10% de los puntos de conteo y en algunas es apenas superior al 1% (Tabla 2).



Ilustración 1. Macho de *Dendroica fusca*.



Ilustración 2. Macho de *Piranga rubra*.



Ilustración 3. Macho de *Wilsonia canadensis*

Tabla 2. Porcentaje de puntos en los que se registró cada especie para cada mes por el total de puntos censados. El número total de individuos por especie registrados para toda la temporada (n). Se reporta el promedio \pm D.E por especie.

Especie	Frecuencia					Promedio \pm D.E.
	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	
<i>B. platypterus</i> (2)	1,09	1,09	0,00	0,00	0,00	0,43 \pm 0,6
<i>C. ustulatus</i> (25)	6,52	8,70	7,61	0,00	3,26	5,22 \pm 3,56
<i>C. sordidulus</i> (3)	0,00	0,00	1,09	1,09	0,00	0,43 \pm 0,6
<i>C. virens</i> (6)	2,17	1,09	3,26	0,00	0,00	1,3 \pm 1,42
<i>D. cerulea</i> (7)	1,09	2,17	2,17	1,09	0,00	1,3 \pm 0,91
<i>D. fusca</i> (172)*	22,83	31,52	31,52	32,61	29,35	29,57 \pm 3,95
<i>D. striata</i> (1)	1,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22 \pm 0,49
<i>Empidonax sp.</i> (4)	0,00	1,09	2,17	1,09	0,00	0,87 \pm 0,91
<i>H. rustica</i> (8)	0,00	0,00	0,00	0,00	1,09	0,22 \pm 0,49
<i>M. varia</i> (17)	4,35	2,17	6,52	5,43	0,00	3,7 \pm 2,62
<i>O. philadelphia</i> (12)	1,09	6,52	1,09	1,09	1,09	2,17 \pm 2,43
<i>P. ludovicianus</i> (3)	1,09	0,00	1,09	1,09	0,00	0,65 \pm 0,6
<i>P. rubra</i> (56)*	11,96	11,96	11,96	8,70	9,78	10,87 \pm 1,54
<i>P. noveborascensis</i> (2)	1,09	1,09	0,00	0,00	0,00	0,43 \pm 0,6
<i>S. ruticilla</i> (9)	2,17	3,26	3,26	1,09	0,00	1,96 \pm 1,42
<i>T. solitaria</i> (1)	0,00	1,09	0,00	0,00	0,00	0,22 \pm 0,49
<i>V. chrysoptera</i> (1)	0,00	0,00	0,00	1,09	0,00	0,22 \pm 0,49
<i>W. canadensis</i> (110)*	16,30	18,48	22,83	20,65	26,09	20,87 \pm 3,8

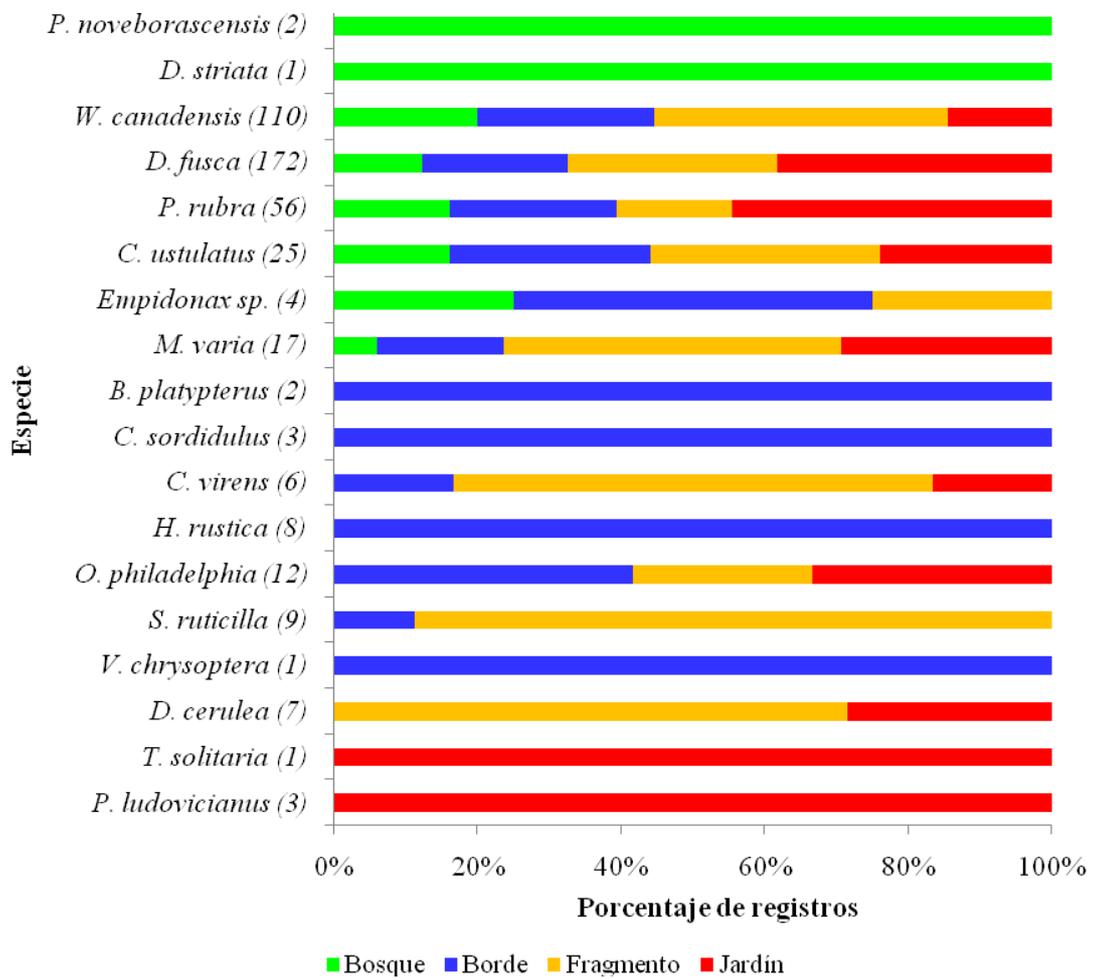
* Especies seleccionadas para los análisis estadísticos.

7.3 Uso de hábitat

W. canadensis, *M. varia*, *C. virens*, *S. ruticilla* y *D. cerulea* presentaron un mayor porcentaje de registros en fragmento que en el resto de hábitats (Gráfica 3). *D. fusca* y *P. rubra* presentaron un mayor porcentaje en jardín y porcentajes muy parejos en el resto de hábitats donde se observaron (Gráfica 3). *Empidonax sp.* y *O. philadelphia* se registraron en mayor porcentaje en interior de bosque y *C. ustulatus* por su parte presenta variaciones poco visibles para los cuatro tipos de hábitats (Gráfica 3). También se presentó para algunas especies un porcentaje total de observación para un hábitat exclusivamente, aunque por el valor tan bajo de *n* para algunas de estas, podría tratarse de un registro ocasional que no necesariamente pueda atribuirse a una marcada tendencia hacia el uso de este hábitat.

Por otro lado, el hábitat que presentó un mayor número de individuos o el más utilizado fue el fragmento, seguido por jardín y borde (Tabla 3). El hábitat que mayor número de especies aportó fué el borde y el que hábitat que presentó un menor número de especies y registros de migratorias fue el interior de bosque (Tabla 3). Especies como *C. sordidulus*, *H. rustica* y *V. chrysoptera* fueron observadas exclusivamente en borde con un número de registros muy bajos (Gráfica 3, Tabla 3). *D. striata* y *P. noveborascensis* fueron observadas únicamente en interior de bosque, con un número notablemente bajo de registros (Gráfica 3, Tabla 3). *P. ludovicianus* y *T. solitaria* fueron observadas en jardín pero al igual que las especies anteriores poseen registros muy bajos (Gráfica 3, Tabla 3).

De todas las especies observadas en este estudio *C. ustulatus*, *D. fusca*, *M. varia*, *P. rubra* y *W. canadensis* son las únicas que utilizaron los cuatro tipos de hábitats (Tabla 3). Se observó claramente que *D. fusca* es la especie que presenta una mayor abundancia relativa en los cuatro tipos de hábitats siendo jardín el de mayor abundancia relativa, seguido por fragmento y borde respectivamente (Tabla 3). Seguidamente se encuentran *W. canadensis* y *P. rubra*, las cuales difieren en sus abundancias relativas entre hábitats y de una especie a la otra (Tabla 3).



Gráfica 3. Distribución porcentual del número de registros de aves migratorias observadas en los cuatro tipos de hábitats estudiados en Chicoral. El número de individuos registrados para cada especie se observa entre paréntesis (n).

Tabla 3. Abundancias relativas (%) de las especies de aves migratorias registradas durante los censos auditivos y visuales en cada hábitat de un paisaje andino en la vereda Chicoral. Los valores dentro de los paréntesis (n) corresponden al número de réplicas por hábitat.

Especie	Hábitat			
	Borde (18)	Bosque (26)	Fragmento (26)	Jardín (22)
<i>B. platypterus</i>	1,9	0,0	0,0	0,0
<i>C. ustulatus</i>	6,5	3,7	7,4	5,6
<i>C. sordidulus</i>	2,8	0,0	0,0	0,0
<i>C. virens</i>	0,9	0,0	3,7	0,9
<i>D. cerulea</i>	0,0	0,0	4,6	1,9
<i>D. fusca</i>*	32,4	19,4	46,3	61,1
<i>D. striata</i>	0,0	0,9	0,0	0,0
<i>Empidonax sp.</i>	1,9	0,9	0,9	0,0
<i>H. rustica</i>	7,4	0,0	0,0	0,0
<i>M. varia</i>	2,8	0,9	7,4	4,6
<i>O. philadelphia</i>	4,6	0,0	2,8	3,7
<i>P. ludovicianus</i>	0,0	0,0	0,0	2,8
<i>P. rubra</i>*	12,0	8,3	8,3	23,1
<i>P. noveborascensis</i>	0,0	1,9	0,0	0,0
<i>S. ruticilla</i>	0,9	0,0	7,4	0,0
<i>T. solitaria</i>	0,0	0,0	0,0	0,9
<i>V. chrysoptera</i>	0,9	0,0	0,0	0,0
<i>W. canadensis</i>*	25,0	20,4	41,7	14,8
Total Especies	13	8	10	10
Total Individuos	108	61	141	129

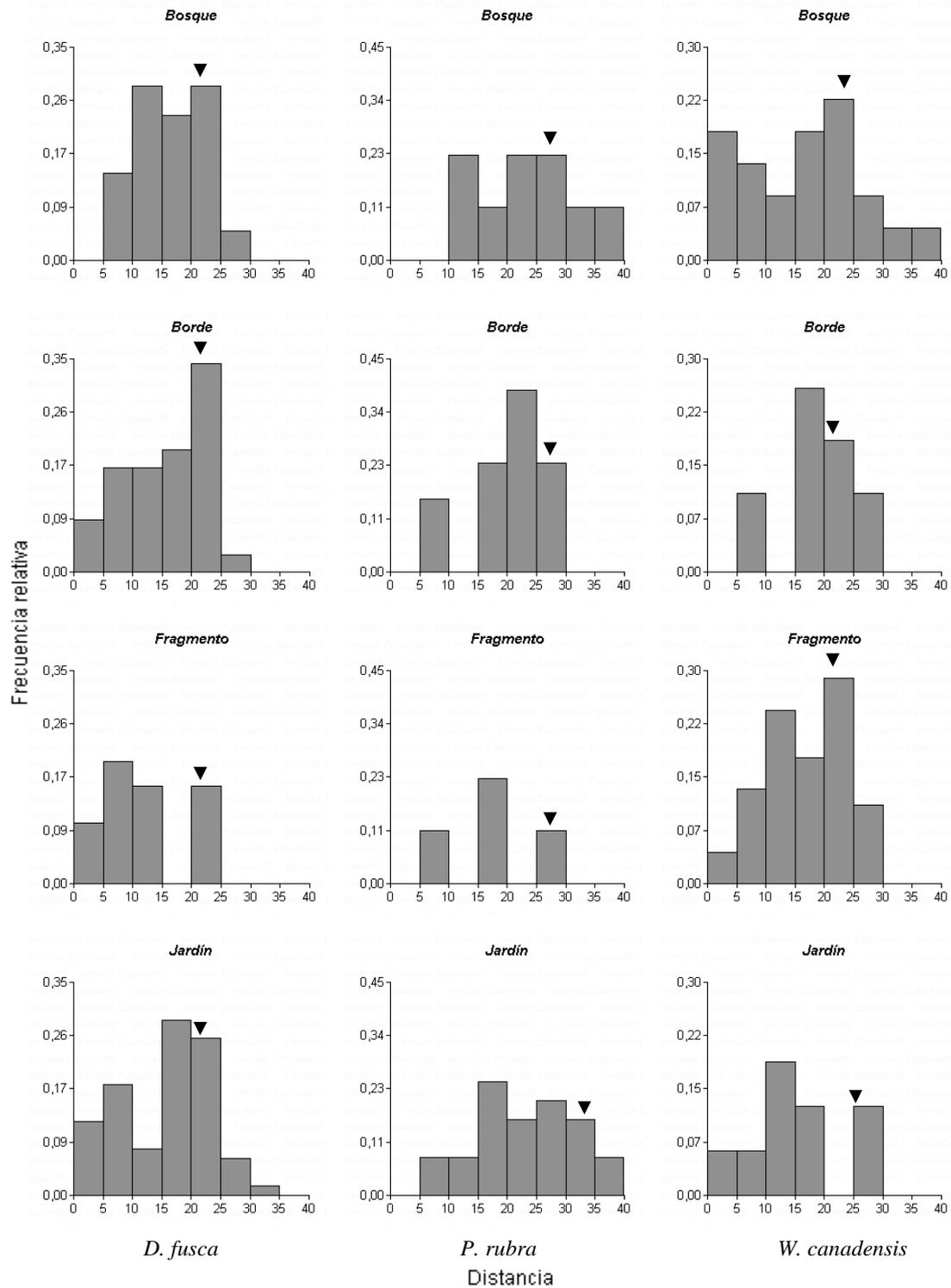
*Especies con mayor abundancia relativa.

7.4 Distancia de detección

Las distancias estimadas de detección para las aves variaron entre 20 y 30m con relación al observador (Tabla 4). La especie de ave con un mayor valor estimado fue *P. rubra*, con 30m para jardín, 27m en interior de bosque y 25m para borde y fragmento (Gráfica 4). Seguida de esta se encuentra *W. canadensis* con 24m para jardín y 23m en interior de bosque. Por su lado *D. fusca* presenta la distancia de detección más corta con 20m para fragmento. Entre *D. fusca* y *W. canadensis* coinciden con una distancia de detección de 22m en borde (Tabla 4, Gráficas 4).

Tabla 4. Distancia de detección (m) para tres aves migratorias neotropicales por cada hábitat en Chicoral. El “n” es el número de registros para cada especie de ave por hábitat. Se reporta el promedio \pm D.E. y la P(n) que representa los cuartiles para la DED para cada tipo de hábitat, en la cual se puede detectar a cada una de las especies de aves migratorias.

Especie	Hábitat	n	Promedio \pm D.E.	P(75)	P(80)	P(85)	P(90)	P(95)
<i>D. fusca</i>	Bosque	35	17,71 \pm 5,26	22	22	22	24	25
	Borde	21	16,63 \pm 7,14	22	22	22	25	25
	Fragmento	50	15,12 \pm 6,38	20	20	21	22	22
	Jardín	66	16,61 \pm 8,10	22	22	24	25	27
<i>P. rubra</i>	Bosque	13	25,00 \pm 8,40	27	35	35	40	40
	Borde	9	21,15 \pm 6,62	25	26	27	27	30
	Fragmento	9	21,67 \pm 6,65	25	25	25	30	30
	Jardín	25	24,64 \pm 8,80	30	35	35	35	36
<i>W. canadensis</i>	Bosque	27	17,68 \pm 10,67	23	25	30	30	35
	Borde	22	18,26 \pm 6,33	22	25	25	26	30
	Fragmento	45	17,89 \pm 6,97	22	25	25	26	26
	Jardín	16	19,13 \pm 7,41	24	25	25	26	30



Gráfica 4. Histogramas de frecuencia de las distancias de detección para *D. fusca*, *P. rubra* y *W. canadensis* en cada hábitat de Chicoral. Las flechas indican el P(75).

7.5 Abundancia absoluta (densidad corregida) de migratorias entre hábitats

De los hábitats presentes en Chicoral, el interior de bosque presentó la menor abundancia absoluta de *D. fusca*. Aunque esta diferencia es apreciable a lo largo de todo el período de residencia invernal, solo fue significativa en los meses de Enero y Marzo (K-W, $p < 0.05$) El hábitat más usado por *D. fusca* fue el jardín seguido por fragmento y borde (Tabla 5 y Grafica 5).

Por su parte *W. canadensis* tuvo una mayor afinidad por hábitats boscosos como el borde y el fragmento, y menor por el interior de bosque y el jardín (Tabla 5 y Grafica 5). El jardín presentó la menor abundancia absoluta de *W. canadensis*. A pesar de que esta diferencia es apreciable en de todo el período de residencia invernal, solo fue significativa en el mes de Marzo (K-W, $p < 0.05$).

Se observa que la población de *P. rubra* presentó una menor abundancia absoluta que las otras especies de migratorias estudiadas y no fue significativa a lo largo de toda la temporada migratoria teniendo un uso similar de todos los tipos de hábitats. Aunque su densidad llega a ser similar a la de *W. canadensis* en jardín (Tabla 5 y Grafica 5).

Se puede afirmar que la abundancia absoluta de las especies estudiadas puede tener un patrón similar al permanecer estable en los meses de Noviembre, Diciembre y Febrero, manteniendo un uso equivalente de los distintos hábitats. También para las especies *D. fusca* y *W. canadensis* al variar su abundancia absoluta en el mes de Marzo, notándose un diferente uso de los distintos hábitats. Otro caso es la variación observada en *D. fusca* para Enero, cuyo patrón difiere de las otras especies estudiadas, dando muestra del uso diferencial de los distintos hábitats por parte de esta especie.

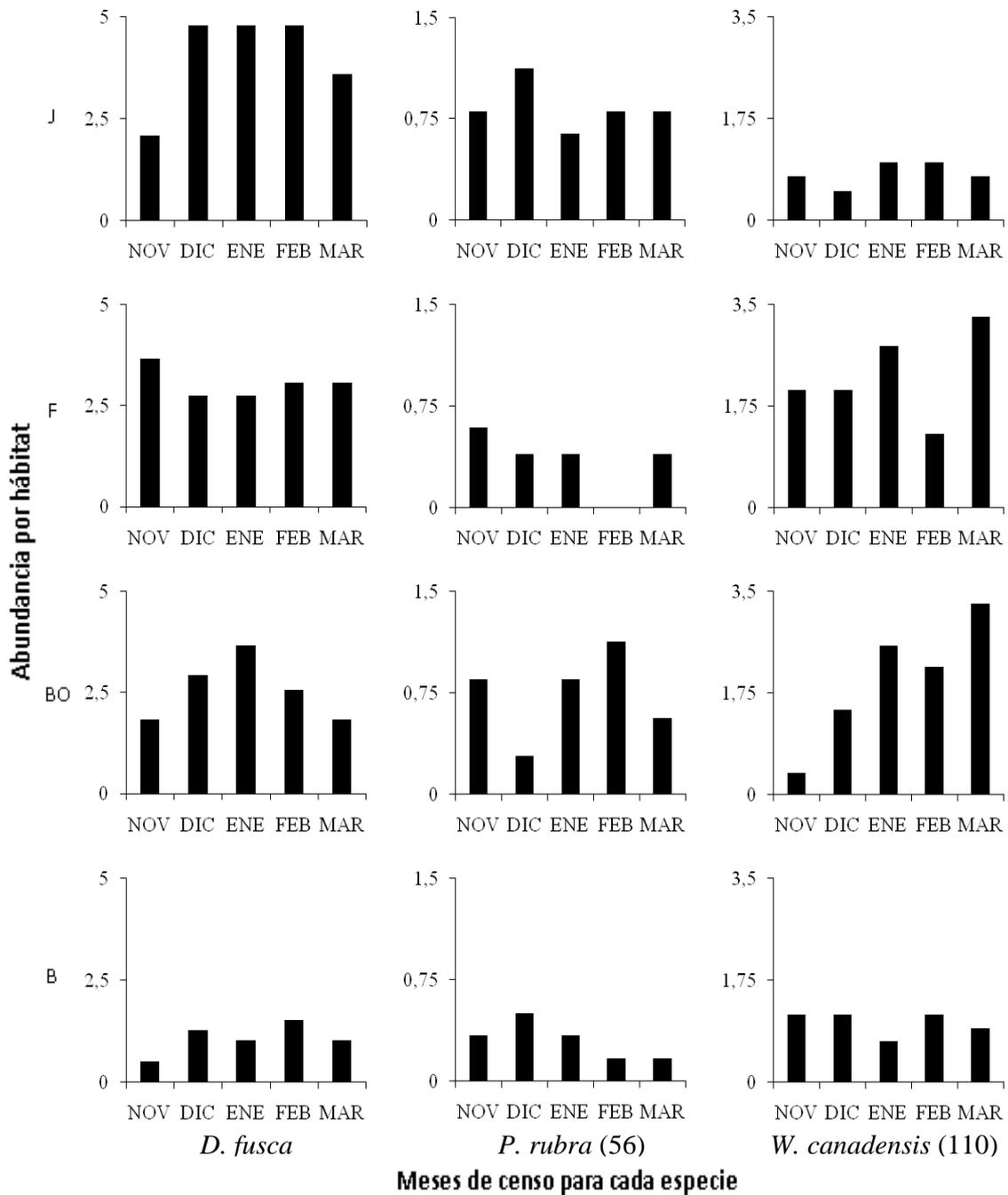
Por otro lado, el comportamiento observado en las poblaciones de aves en los meses de muestreo donde no hubo diferencias estadísticamente significativas de la abundancia absoluta o uso entre los distintos hábitats por mes, puede ser debido a que no hay cambios

en la comunidad de aves migratorias y tampoco en el uso de los distintos hábitats durante estos meses.

Tabla 5. Abundancia absoluta (densidad corregida) para tres especies de aves migratorias neotropicales por mes para cada hábitat en Chicoral. Se reporta el promedio \pm D.E., la prueba, el estadístico (E) y el p(valor).

Especie	Mes	Abundancia/hábitat				Prueba	E	p(valor)
		Jardín	Fragmento	Borde	Bosque			
<i>D. fusca</i>	NOV	2,09 \pm 4,25	3,67 \pm 5,62	1,83 \pm 3,03	0,51 \pm 1,79	ANOVA	7,07	0,0696
	DIC	4,78 \pm 5,44	2,75 \pm 4,47	2,92 \pm 5,63	1,26 \pm 3,23	ANOVA	2,26	0,0871
	ENE	4,55 \pm 5,16	2,75 \pm 5,00	3,65 \pm 4,64	1,01 \pm 3,05	K-W	8,64	0,0345*
	FEB	4,78 \pm 5,81	3,06 \pm 5,07	2,56 \pm 4,00	1,52 \pm 3,38	ANOVA	2,00	0,1793
	MAR	3,59 \pm 3,92	3,06 \pm 4,54	1,83 \pm 3,78	1,01 \pm 3,05	K-W	8,12	0,0435*
<i>P. rubra</i>	NOV	0,80 \pm 1,87	0,59 \pm 1,66	0,85 \pm 2,62	0,34 \pm 1,19	ANOVA	0,38	0,7675
	DIC	1,13 \pm 2,53	0,39 \pm 1,38	0,28 \pm 1,20	0,50 \pm 1,42	ANOVA	1,05	0,3758
	ENE	0,64 \pm 1,40	0,39 \pm 1,38	0,85 \pm 1,95	0,34 \pm 1,19	ANOVA	0,56	0,6449
	FEB	0,80 \pm 1,87	0,00 \pm 0,00	1,13 \pm 2,79	0,17 \pm 0,86	ANOVA	2,41	0,0721
	MAR	0,80 \pm 1,52	0,39 \pm 1,38	0,57 \pm 1,65	0,17 \pm 0,86	ANOVA	0,94	0,4256
<i>W. canadensis</i>	NOV	0,75 \pm 1,94	2,02 \pm 3,61	0,37 \pm 1,55	1,16 \pm 2,96	ANOVA	1,52	0,2156
	DIC	0,50 \pm 1,63	2,02 \pm 3,61	1,46 \pm 2,81	1,16 \pm 2,96	ANOVA	1,14	0,3367
	ENE	1,00 \pm 2,18	2,78 \pm 4,62	2,56 \pm 4,00	0,69 \pm 1,96	ANOVA	2,36	0,0769
	FEB	1,00 \pm 2,18	1,26 \pm 2,64	2,19 \pm 3,91	1,16 \pm 2,42	ANOVA	0,71	0,5466
	MAR	0,75 \pm 1,94	3,29 \pm 4,65	3,29 \pm 4,07	0,93 \pm 2,79	K-W	12,03	0,0073*

Para un $\alpha=0,05$: * es significativo, ** es altamente significativo y *** es altísimamente significativo.



Gráfica 5. Comparación de la Abundancia absoluta de *D. fusca*, *P. rubra* y *W. canadensis* en cuatro hábitats para cada mes de censos en la vereda Chicoral. Los hábitats son jardín (J), fragmentos de bosque (F), borde (BO) e interior de bosque (B). Los valores entre paréntesis (n) corresponden al número de registros.

7.5.1 Pruebas de múltiple rangos de Duncan para densidad de aves entre hábitats

Posteriormente realicé pruebas de múltiple rangos de Duncan (no paramétricas) para la abundancia absoluta de las aves y meses en los cuales se detectó que hay diferencias en el uso de hábitats, con el fin de visualizar entre cuales hábitats se tienen estas diferencias (Statgraphics Centurión 2007). Para *D. fusca* en los meses de Enero y Marzo se identificó según la alineación de las X's en columnas (Tabla 6 y 7), que existen diferencias en la abundancia absoluta entre interior de bosque y jardín para esta especie durante estos dos meses. En contraste se observó que no hay diferencias entre los demás pares de hábitats, encontrando que borde y fragmento mostraron ser dos grupos homogéneos al poseer una buena similitud en sus abundancias absolutas de *D. fusca* en el transcurso de ambos meses (Tabla 6 y 7).

Tabla 6. Prueba de múltiples rangos para la abundancia absoluta de *D. fusca* por pares de hábitats en Enero por el método: porcentaje 95,0 de Duncan. Los valores dentro de los paréntesis (n) corresponden al número de réplicas por hábitat.

Hábitat	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (26)	1,0118	X
Borde (18)	2,7546	XX
Fragmento (26)	3,6537	XX
Jardín (22)	4,5469	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque		2,6419
Borde - Fragmento		0,8991
Borde - Jardín		-0,8932
Bosque - Fragmento		-1,7428
Bosque - Jardín	*	-3,5351
Fragmento - Jardín		-1,7923

* indica una diferencia significativa.

Tabla 7. Prueba de múltiples rangos para la abundancia absoluta de *D. fusca* por pares de hábitats en Marzo por el método: porcentaje 95,0 de Duncan. Los valores dentro de los paréntesis (n) corresponden al número de réplicas por hábitat.

Hábitat	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (26)	1,0118	X
Borde (18)	1,8269	XX
Fragmento (26)	3,0607	XX
Jardín (22)	3,5873	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque		0,8151
Borde - Fragmento		-1,2338
Borde - Jardín		-1,7604
Bosque - Fragmento		-2,0489
Bosque - Jardín	*	-2,5755
Fragmento - Jardín		-0,5266

* indica una diferencia significativa.

Por su parte se encontró que para *W. canadensis* en el mes de Marzo hay diferencia en la abundancia entre los distintos tipos de hábitats, a excepción de borde con fragmento e interior de bosque con jardín en los cuales no hubo diferencia en el uso de estos (Tabla 8). También se ha identificado según la alineación de las X's que hay dos grupos homogéneos en cuanto al uso de hábitats siendo el interior de bosque con borde muy similares al igual que fragmento con jardín (Tabla 8).

Tabla 8. Prueba de múltiples rangos para la abundancia absoluta de *W. canadensis* por pares de hábitats en Marzo por el método: porcentaje 95,0 de Duncan. Los valores dentro de los paréntesis (n) corresponden al número de réplicas por hábitat.

Hábitat	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (26)	0,7536	X
Borde (18)	0,9257	X
Fragmento (26)	3,2883	X
Jardín (22)	3,2883	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque	*	2,3626
Borde - Fragmento		1,1966E-10
Borde - Jardín	*	2,5348
Bosque - Fragmento	*	-2,3626
Bosque - Jardín		0,1721
Fragmento - Jardín	*	2,5348

* indica una diferencia significativa.

7.6 Abundancia absoluta (densidad) de migratorias dentro de cada hábitat

Dentro de cada uno de los hábitats presentes en Chicoral no se presentan diferencias en la abundancia absoluta de migratorias durante todo el período de residencia invernal (K-W, $p > 0.05$) (Tabla 9). En este análisis pude también corroborar lo obtenido para la abundancia en la sección 7.5 para los hábitats presentes en Chicoral.

Tabla 9. Abundancia absoluta (densidad corregida) para tres especies de aves migratorias neotropicales por mes dentro de cada hábitat en Chicoral. Se reporta el promedio \pm D.E., la prueba, el estadístico (E) y el p(valor).

Especie	Hábitat	Promedio \pm D.E.	Prueba	F	P(valor)
<i>D. fusca</i>	Jardín	3,96 \pm 4,98	ANOVA	1,19	0,3209
	Fragmento	3,06 \pm 4,89	ANOVA	0,15	0,9633
	Borde	2,56 \pm 4,26	ANOVA	0,58	0,6751
	Bosque	1,06 \pm 2,93	ANOVA	0,42	0,7950
<i>P. rubra</i>	Jardín	0,84 \pm 1,85	ANOVA	0,19	0,9414
	Fragmento	0,35 \pm 1,30	ANOVA	0,70	0,5905
	Borde	0,74 \pm 2,10	ANOVA	0,41	0,7982
	Bosque	0,30 \pm 1,11	ANOVA	0,41	0,8033
<i>W. canadensis</i>	Jardín	0,80 \pm 1,96	ANOVA	0,25	0,9111
	Fragmento	2,28 \pm 3,90	ANOVA	1,04	0,3899
	Borde	1,97 \pm 3,48	ANOVA	1,92	0,1139
	Bosque	1,02 \pm 2,61	ANOVA	0,16	0,9585

Para un $\alpha=0,05$: * es significativo, ** es altamente significativo y *** es altísimamente significativo.

7.7 Utilización de estratos por aves migratorias

En el interior de bosque las especies *C. ustulatus*, *D. fusca*, *P. rubra* y *W. canadensis* se observaron el mayor número de veces utilizando el estrato Subarbóreo (*Ar*) de la vegetación (Tabla 10). Por otra parte, para el resto de especies el número de observaciones fue muy bajo y la única especie que utilizó exclusivamente el estrato Rasante (*r*) del interior de bosque fue *P. noveborascensis* (Tabla 10). Para borde obtuve que las especies se observaron el mayor número de veces utilizando el estrato *Ar* de la vegetación, a diferencia de *O. philadelphia* que utilizó en la mayoría de las observaciones en estrato Herbáceo (*h*) seguido de *r* (Tabla 11).

Tabla 10. Porcentaje de uso de cada estrato vegetal por las especies de aves migratorias registradas en interior de bosque en Chicoral. Los valores entre paréntesis (n) corresponden al número de registros. Tipos de estratos r: Rasante (<0,3m); h: Herbáceo (0,31-1,5m); Ab: Arbustivo (1,51-5m); Ar: Subarbóreo (5,1-12m) y Ai: Arbóreo inferior (12,1-25m).

Especie	Uso de estrato en %					n
	r	h	Ab	Ar	Ai	
<i>C. ustulatus</i>	-	25,0 (1)	-	75,0 (3)	-	4
<i>D. fusca</i>	-	-	4,8 (1)	81,0 (17)	14,3 (3)	21
<i>D. striata</i>	-	-	-	100,0 (1)	-	1
<i>Empidonax sp.</i>	-	-	-	-	100,0 (1)	1
<i>M. varia</i>	-	-	-	100,0 (1)	-	1
<i>P. rubra</i>	-	-	-	75,0 (3)	25,0 (1)	4
<i>P. noveborascensis</i>	100,0 (2)	-	-	-	-	2
<i>W. canadensis</i>	-	-	19,0 (4)	71,4 (15)	9,5 (2)	21

Tabla 11. Porcentaje de uso de cada estrato vegetal por las especies de aves migratorias registradas en borde (n) en Chicoral. Los valores entre paréntesis (n) corresponden al número de registros. Tipos de estratos r: Rasante (<0,3m); h: Herbáceo (0,31-1,5m); Ab: Arbustivo (1,51-5m); Ar: Subarbóreo (5,1-12m) y Ai: Arbóreo inferior (12,1-25m).

Especie	Uso de estrato en %					n
	r	h	Ab	Ar	Ai	
<i>B. platypterus</i>	-	-	-	100,0 (2)	-	2
<i>C. ustulatus</i>	14,3 (1)	14,3 (1)	28,6 (2)	42,9 (3)	-	7
<i>C. sordidulus</i>	-	-	33,3 (1)	66,7 (2)	-	3
<i>C. virens</i>	-	-	-	100,0 (1)	-	1
<i>D. fusca</i>	-	-	5,7 (2)	80,0 (28)	14,3 (5)	35
<i>Empidonax sp.</i>	-	-	-	100,0 (2)	-	2
<i>M. varia</i>	-	-	-	100,0 (3)	-	3
<i>O. philadelphia</i>	40,0 (2)	60,0 (3)	-	-	-	5
<i>P. rubra</i>	-	-	-	87,5 (7)	12,5 (1)	8
<i>S. ruticilla</i>	-	-	-	100,0 (1)	-	1
<i>V. chrysoptera</i>	-	-	-	100,0 (1)	-	1
<i>W. canadensis</i>	-	-	19,2 (5)	80,8 (21)	-	26

En jardín obtuve que las especies *D. cerulea*, *D. fusca*, *M. varia* y *P. rubra* fueron observadas el mayor número de veces utilizando el estrato Ar de la vegetación, a diferencia de *O. philadelphia* que utilizó en la mayoría de las observaciones en estrato Ab y de *P. ludovicianus* que utilizó el estrato h exclusivamente (Tabla 12). Por otro lado *W. canadensis* se observó utilizando un número de veces muy equivalente los estratos Ab y Ar (Tabla 12). El resto de las especies presenta un número de observaciones muy bajo.

Tabla 12. Porcentaje de uso de cada estrato vegetal por las especies de aves migratorias registradas en jardín (n) en Chicoral. Los valores entre paréntesis (n) corresponden al número de registros. Tipos de estratos r: Rasante (<0,3m); h: Herbáceo (0,31-1,5m); Ab: Arbustivo (1,51-5m); Ar: Subarbóreo (5,1-12m) y Ai: Arbóreo inferior (12,1-25m).

Especie	Uso de estrato en %					n
	r	h	Ab	Ar	Ai	
<i>C. ustulatus</i>	-	-	66,7 (4)	16,7 (1)	16,7 (1)	6
<i>C. virens</i>	-	-	-	100,0 (1)	-	1
<i>D. cerulea</i>	-	-	-	100,0 (2)	-	2
<i>D. fusca</i>	-	-	22,7 (15)	72,7 (48)	4,5 (3)	66
<i>M. varia</i>	-	-	20,0 (1)	80,0 (4)	-	5
<i>O. philadelphia</i>	25,0 (1)	25,0 (1)	50,0 (2)	-	-	4
<i>P. ludovicianus</i>	-	100,0 (3)	-	-	-	3
<i>P. rubra</i>	-	-	18,8 (3)	68,8 (11)	12,5 (2)	16
<i>T. solitaria</i>	100,0 (1)	-	-	-	-	1
<i>W. canadensis</i>	-	6,3 (1)	50,0 (8)	43,8 (7)	-	16

Para fragmento *C. virens*, *D. fusca*, *P. rubra*, *S. rutinilla* y *W. canadensis* se observaron el mayor número de veces utilizando el estrato Ar de la vegetación (Tabla 13). *C. ustulatus* fue observada un número igual de veces utilizando los estratos Ab y Ar, al igual que *M. varia* en Ar y Ai (Tabla 13). Por su parte, *D. cerulea* utilizó la mayoría de veces el estrato Ai y *O. philadelphia* utilizó exclusivamente el estrato h en la mayoría de observaciones (Tabla 13).

Tabla 13. Porcentaje de uso de cada estrato vegetal por las especies de aves migratorias registradas en Fragmento (n) en Chicoral. Los valores entre paréntesis (n) corresponden al número de registros. Tipos de estratos r: Rasante (<0,3m); h: Herbáceo (0,31-1,5m); Ab: Arbustivo (1,51-5m); Ar: Subarbóreo (5,1-12m) y Ai: Arbóreo inferior (12,1-25m).

Especie	Uso de estrato en %					n
	r	h	Ab	Ar	Ai	
<i>C. ustulatus</i>	-	-	50,0 (4)	50,0 (4)	-	8
<i>C. virens</i>	-	-	-	100,0 (4)	-	4
<i>D. cerulea</i>	-	-	-	40,0 (2)	60,0 (3)	5
<i>D. fusca</i>	-	-	10,0 (5)	70,0 (35)	20,0 (10)	50
<i>Empidonax sp.</i>	-	-	-	100,0 (1)	-	1
<i>M. varia</i>	-	-	-	50,0 (4)	50,0 (4)	8
<i>O. philadelphia</i>	-	100,0 (3)	-	-	-	3
<i>P. rubra</i>	-	-	-	66,7 (2)	33,3 (1)	3
<i>S. ruticilla</i>	-	25,0 (2)	12,5 (1)	50,0 (4)	12,5 (1)	8
<i>W. canadensis</i>	-	-	22,7 (10)	68,2 (30)	9,1 (4)	44

El estrato vegetal más utilizada por todas las especies en cada tipo de hábitat fue el *Ar*, pues obtuvo las frecuencias de observación más altas (Tabla 14). Los estratos *r* y *h* no fueron usados por ninguna de las especies tres especies seleccionadas para este estudio (Tabla 14). En el borde hay diferencias para *D. fusca*, *P. rubra* y *W. canadensis* en la frecuencia con que utilizaron los estratos vegetales de este hábitat (Tabla 14). Hubo diferencias para *D. fusca* y *W. canadensis* en la frecuencia con que utilizaron los estratos vegetales del interior de bosque. En el fragmento encontré que hay diferencia en la frecuencia en que utilizan los distintos estratos vegetales *D. fusca* y *W. canadensis*. Para jardín encontré que hay diferencias para *D. fusca* y *P. rubra*. Pero para *W. canadensis* no hay diferencias significativas en el uso de estratos para jardín (Tabla 14). Mientras que *P. rubra* no mostró diferencias significativas en el uso de estratos en fragmento e interior de bosque (Tabla 14).

Tabla 14. Frecuencia de uso de estratos vegetales en los distintos hábitats por las tres especies de migratorias. Estadísticos de Chi cuadrado Pearsons (χ^2). Tipos de estratos *r*: Rasante (<0,3m); *h*: Herbáceo (0,31-1,5m); *Ab*: Arbustivo (1,51-5m); *Ar*: Subarbóreo (5,1-12m) y *Ai*: Arbóreo inferior (12,1-25m).

Especie	Hábitat	Frecuencia					Valor	p(valor)
		<i>r</i>	<i>h</i>	<i>Ab</i>	<i>Ar</i>	<i>Ai</i>		
<i>D. fusca</i>	Bosque	0,00	0,00	0,05	0,81	0,14	21,71	0,0001***
	Borde	0,00	0,00	0,06	0,80	0,14	34,69	0,0001***
	Fragmento	0,00	0,00	0,10	0,70	0,20	31,00	0,0001***
	Jardín	0,00	0,00	0,23	0,73	0,05	49,36	0,0001***
<i>P. rubra</i>	Bosque	0,00	0,00	0,00	0,75	0,25	1,00	0,3173
	Borde	0,00	0,00	0,13	0,88	0,00	4,50	0,0339*
	Fragmento	0,00	0,00	0,00	0,67	0,33	0,33	0,5637
	Jardín	0,00	0,00	0,19	0,69	0,13	9,13	0,0104*
<i>W. canadensis</i>	Bosque	0,00	0,00	0,19	0,71	0,10	14,00	0,0009**
	Borde	0,00	0,00	0,00	0,81	0,19	9,85	0,0017**
	Fragmento	0,00	0,00	0,23	0,68	0,09	25,27	0,0001***
	Jardín	0,00	0,06	0,44	0,50	0,00	5,38	0,0681

Para un $\alpha=0,05$: * es significativo, ** es altamente significativo y *** es altísimamente significativo.

7.8 Caracterización vegetal

7.8.1 Índices de la vegetación

Se observa que la altura promedio, el DAP, el %AB (ANOVA, $p>0,05$, Tukey) y la diversidad de estratos foliares (H') (K-W, $p>0,05$, Duncan) no presentan diferencia estadísticamente significativas entre los distintos tipos de hábitats.

Se puede observar que la cobertura de epífita (%EPI Total) estuvo presente en todos los tipos de hábitats, con una abundancia significativamente mayor en borde y evidentemente menor en jardín que en los hábitats boscosos (fragmento, borde e interior de bosque) (Tabla 15). Entre estos últimos no hubo diferencias significativas (K-W, $p>0,05$, Duncan) pero entre jardín y todos los hábitats boscosos se presentan diferencias altamente significativas en la presencia de epífitas (K-W, $p<0,001$, Duncan). El %C es significativamente mayor para interior de bosque como era de esperarse, y fue comparativamente menor en jardín que en los hábitats boscosos (Tabla 15) presentando diferencias altísimamente significativas con estos (ANOVA, $p<0,0001$, Tukey). Entre los hábitats boscosos no hubo diferencias significativas (ANOVA, $p>0,05$, Tukey) para %C.

El %C-tierra presentó en una mayor medida en jardín (Tabla 15) siendo significativamente diferente de los hábitats boscosos (ANOVA, $p<0,0001$, Tukey) y no presenta diferencias entre estos últimos (ANOVA, $p>0,05$, Tukey). Por otro lado los hábitats boscosos presentan un mayor %C-vertical siendo mayor en interior de bosque, pero presentando diferencias con jardín (Tabla 15) siendo significativas entre este con el interior de bosque como era de esperarse (ANOVA, $p<0,05$, Tukey). El %C-dosel presenta una alta diferencia entre jardín y los hábitats boscosos (Tabla 15) (K-W, $p<0,001$, Duncan). El borde presentó una mayor densidad arbórea (Tabla 15), observándose diferencias altísimamente significativa entre todas las comparaciones de hábitats (ANOVA, $p<0,0001$, Tukey), excepto entre el interior de bosque y fragmento donde no hubo diferencias en la densidad (ANOVA, $p>0,05$, Tukey).

El interior de bosque, como era de esperarse, presentó un mayor volumen de vegetación (Tabla 15), dándose diferencias altísimamente significativas entre jardín y los demás hábitats boscosos (ANOVA, $p < 0,0001$, Tukey), pero no hubo diferencias entre estos últimos (ANOVA, $p > 0,05$, Tukey). En otras palabras el volumen de la vegetación fue menor en jardín que en los hábitats boscosos y entre estos últimos fue muy similar (Tabla 15). La altura máxima de la vegetación solo presenta diferencias importantes entre jardín e interior de bosque (ANOVA, $p < 0,05$, Tukey).

En el Anexo 1 se pueden observar las gráficas cajas y bigotes donde se dan las medidas de tendencia central para las características de la estructura vegetal por hábitat. En el Anexo 2 están los resultados de las pruebas de múltiples rangos para todas las variables vegetales por hábitat, por el método: porcentaje 95,0 de Tukey (Datos paramétricos) y Duncan (Datos no paramétrico).

Tabla 15. Características de la vegetación estimadas para cuatro hábitats de un paisaje andino en Chicoral - Valle del Cauca. (Promedio \pm D.E.). Los valores dentro de los paréntesis (*n*) corresponden al número de réplicas por hábitat. Se reporta el promedio \pm D.E., la prueba, el estadístico (*E*) y el *p*(valor).

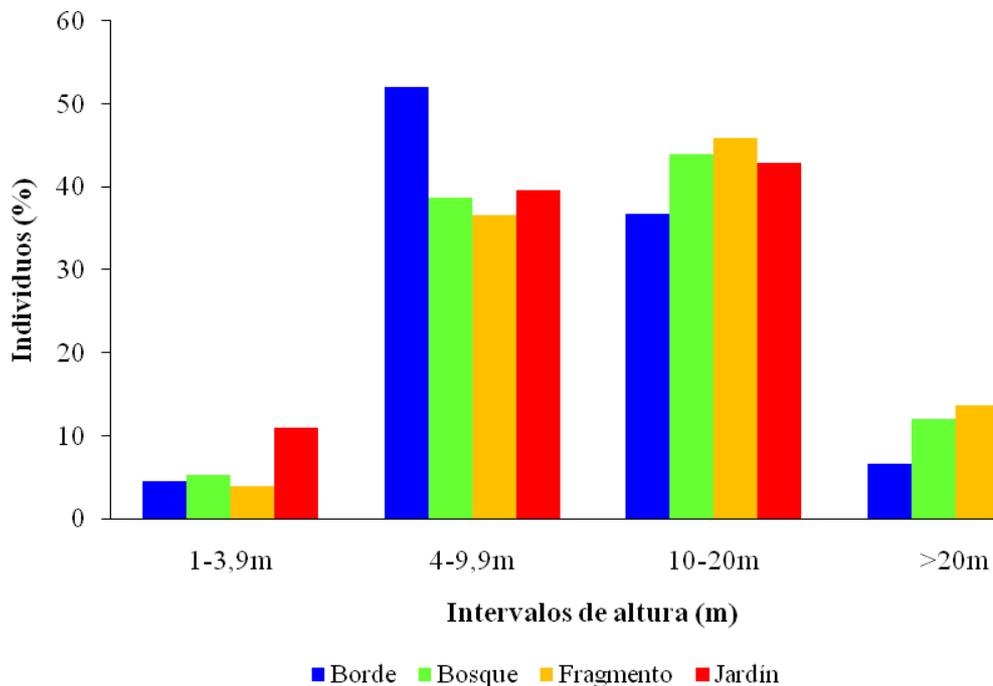
Variable	Hábitat				Prueba	E	P(valor)
	B (7)	BO (7)	J (7)	F (7)			
%EPI Total	0,88 \pm 0,1	0,94 \pm 0,1	0,59 \pm 0,3	0,93 \pm 0,1	K-W	8,46	0,0375*
%C	0,44 \pm 0,1	0,38 \pm 0,1	0,10 \pm 0,1	0,32 \pm 0,1	ANOVA	13,5	0,0000***
%C-tierra	0,15 \pm 0,1	0,10 \pm 0,1	0,93 \pm 0,1	0,26 \pm 0,2	ANOVA	60,64	0,0000***
%C-vertical	0,95 \pm 0,0	0,94 \pm 0,0	0,89 \pm 0,1	0,94 \pm 0,0	ANOVA	3,62	0,0276*
%C-dosel	0,94 \pm 0,1	0,97 \pm 0,0	0,55 \pm 0,3	0,99 \pm 0,0	K-W	12,56	0,0057**
VTV	0,47 \pm 0,0	0,44 \pm 0,1	0,22 \pm 0,1	0,45 \pm 0,0	ANOVA	59,0	0,0000***
VTV-EPI	0,04 \pm 0,0	0,04 \pm 0,0	0,02 \pm 0,0	0,05 \pm 0,0	ANOVA	4,36	0,0138**
H'	2,55 \pm 0,1	2,61 \pm 0,2	2,35 \pm 0,1	2,53 \pm 0,1	K-W	3,11	0,3750
Densidad	0,43 \pm 0,1	0,55 \pm 0,1	0,18 \pm 0,1	0,38 \pm 0,1	ANOVA	27,63	0,0000***
Altura max.	11,9 \pm 6,2	10,2 \pm 5,6	10,7 \pm 6,0	12,5 \pm 6,1	ANOVA	3,34	0,0362*
Altura prom.	11,9 \pm 0,9	10,8 \pm 2,6	10,4 \pm 2,9	12,4 \pm 2,0	ANOVA	1,21	0,3290
DAP	18,1 \pm 12	12,8 \pm 11	16,8 \pm 10	17,9 \pm 12	ANOVA	2,36	0,0972
% AB	3,92 \pm 1,5	2,44 \pm 1,2	3,10 \pm 1,7	3,58 \pm 1,5	ANOVA	1,27	0,3059

Para un $\alpha=0,05$: * es significativo, ** es altamente significativo y *** es altísimamente significativo.

7.8.2 Análisis de distribución de altura y diamétrica

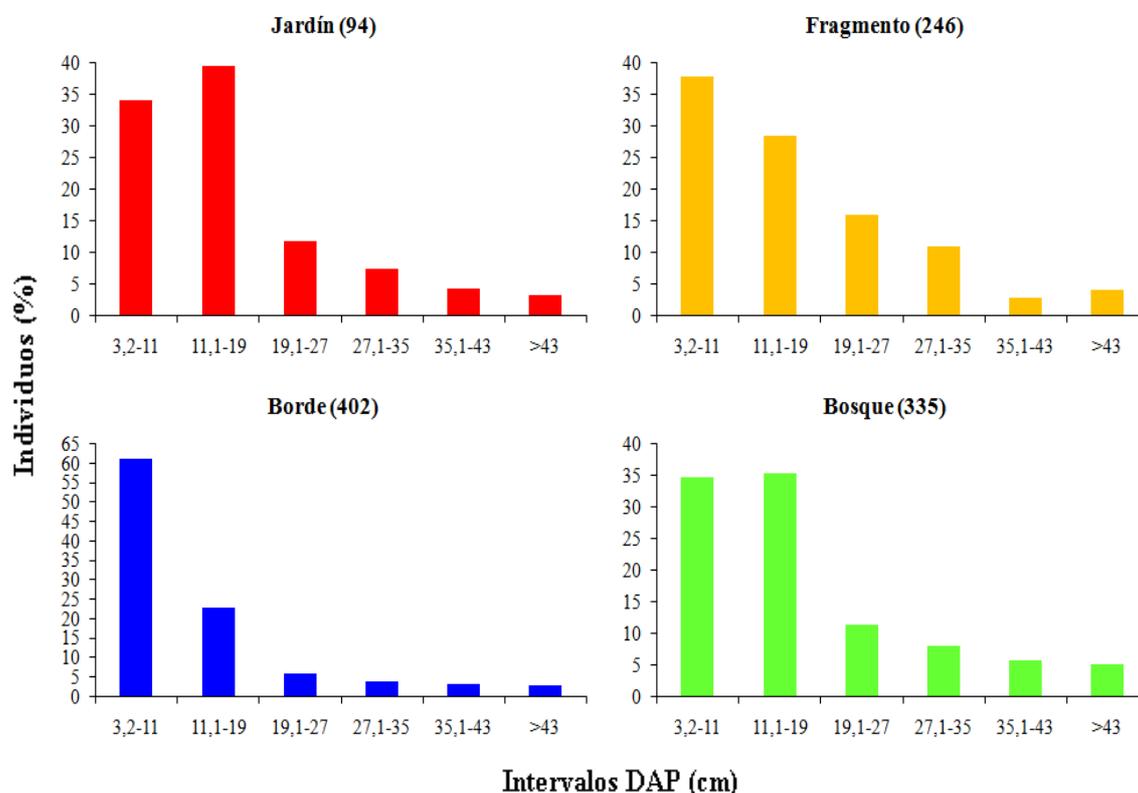
Encontré el mismo patrón de distribución de clases de altura en todos los hábitats. Menor altura en la primera clase, mayor en las clases intermedias y menor en la última clase. Los porcentajes más altos de individuos se encuentran en el intervalo de 4 a 9,9m (arbustos) y de 10 a 12m de altura (árboles de altura intermedia), los cuales predominaron al superar el 35% en todos los hábitats; el borde fue el que alcanzó un mayor número de árboles (52%) en el intervalo de 4 a 9,9m de altura, seguido por fragmento 46% y posteriormente se encuentran interior de bosque (44%) y jardín (42,9%) en el intervalo de 10 a 12m de altura (Gráfica 6).

También, la menor cantidad de individuos se encuentran en los intervalos inicial de 1 a 3,9m de altura (arbustos) y final mayor de 20m de alto (árboles emergentes). En el intervalo de 1 a 3,9m de altura el tipo de hábitat que presentó un mayor porcentaje de árboles fue jardín (11%) seguido por interior de bosque (5,3%), borde (4,5%) y fragmento (3,8%). Por su lado en el intervalo mayor de 20m de alto el tipo de hábitat que más árboles presentó fue fragmento (13,6%), seguido de interior de bosque (12,1%), y con un porcentaje de individuos muy similares en se puede observar borde (6,7%) y jardín (6,6%) (Gráfica 6).



Gráfica 6. Distribución del porcentaje de árboles por intervalos de altura de la vegetación en cuatro tipos de hábitats de un paisaje andino de Chicoral - Valle del Cauca.

La distribución del número de individuos por clases diamétricas (DAP) varió visiblemente en los cuatro tipos de hábitats. El mayor número de individuos se presenta en los dos primeros intervalos de clase diamétrica de 3,2 a 11cm y de 11,1 a 19cm de DAP al superar el 22,9% en todos los hábitats. Se alcanza un mayor porcentaje en el intervalo 3,2 a 11cm par borde (61,2%) seguido por fragmento (37,8%) e interior de bosque (34,6%), y es menor en jardín (34,0%) (Gráfica 7). Por su parte, hay una disminución progresiva en el número de individuos con relación al aumento en el DAP para fragmento y borde (Gráfica 7), pero para jardín e interior de bosque se da esta disminución a partir del intervalo 19,1 a 27cm (Gráfica 7).



Gráfica 7. Distribución porcentual por intervalos DAP del total de árboles muestreados en cuatro tipos de hábitats de un paisaje andino de Chicoral - Valle del Cauca. Los valores entre paréntesis (n) corresponden al número de árboles medidos.

7.8.3 Presencia de epífitas por estrato

La presencia de epífitas por cada uno de los estratos vegetales muestra para el estrato *r* un mayor número de epífitas con igual porcentaje en interior de bosque y fragmento, seguidos por el borde y un menor porcentaje en jardín (Tabla 16). Entre tanto, para el estrato *h* se presenta una mayor presencia de epífitas en interior de bosque seguido con igual porcentaje por borde y fragmento y un menor porcentaje en jardín (Tabla 16). Para el estrato *Ab* se puede apreciar una mayor presencia de epífitas en los hábitats boscosos siendo mayor en borde y menor en jardín (Tabla 16). En el estrato *Ar* se presenta una mayor presencia de epífitas con igual porcentaje en interior de bosque y borde seguidos de fragmento, mientras que el jardín posee una menor presencia (Tabla 16). Por último se

presentó una mayor presencia de epífitas en el estrato *Ai* en fragmento seguido por el borde e interior de bosque, pero de igual forma el jardín presente el menor porcentaje de presencia (Tabla 16).

Tabla 16. Presencia de epífitas en los distintos estratos vegetales por hábitats de un paisaje andino en Chicoral - Valle del Cauca. (Promedio \pm D.E.). Los valores dentro de los paréntesis (*n*) corresponden al número de réplicas por hábitat. Tipos de estratos *r*: Rasante (<0,3m); *h*: Herbáceo (0,31-1,5m); *Ab*: Arbustivo (1,51-5m); *Ar*: Subarbóreo (5,1-12m) y *Ai*: Arbóreo inferior (12,1-25m).

Variable	Estrato	Hábitat			
		<i>B</i> (7)	<i>BO</i> (7)	<i>J</i> (7)	<i>F</i> (7)
%EPI	<i>r</i>	1,00 \pm 0,00	0,96 \pm 0,09	0,68 \pm 0,35	1,00 \pm 0,00
	<i>h</i>	1,00 \pm 0,00	0,96 \pm 0,09	0,79 \pm 0,27	0,96 \pm 0,09
	<i>Ab</i>	0,89 \pm 0,20	1,00 \pm 0,00	0,57 \pm 0,47	0,82 \pm 0,24
	<i>Ar</i>	1,00 \pm 0,00	1,00 \pm 0,00	0,68 \pm 0,37	0,96 \pm 0,09
	<i>Ai</i>	0,50 \pm 0,35	0,79 \pm 0,30	0,25 \pm 0,35	0,89 \pm 0,13

7.9 Análisis discriminante de los hábitats

En la Tabla 17 se presentan los coeficientes estandarizados, de las funciones discriminantes canónicas 1 y 2, los coeficientes de estructura de las correlaciones intragrupo combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas.

La primera función canónica discriminante indica que la función lineal discrimina bien, ya que presenta un autovalor de 32,52, un % de varianza suficientemente alto del 90,32 y una correlación canónica de 0,985 (el 98,5%) con los grupos o hábitats. El conjunto de las medias de las variables vegetales presenta diferencias altísimamente significativas entre los hábitats (Lambda de Wilks= 0,0053, $p < 0,0001$) (Tabla 17). Es decir que el análisis permitió distinguir dos funciones discriminantes; la función uno es significativa y permite discriminar jardín de los hábitats boscosos, mientras que la función dos permite discriminar entre el interior de bosque y fragmento de el borde y jardín aunque la misma no es significativa, no permitiendo establecer diferencias significativas entre los grupos (Tabla

17, Gráfica 8). Por tal razón se toma como referencia para el análisis la función 1, que en términos generales separan bien los hábitats.

Las funciones discriminantes canónicas no tipificadas evaluadas en los centroides de los grupos muestran una clara discriminación con valores de -8,999 para el grupo de jardín y de valores positivos para los demás grupos de hábitats boscosos (Tabla 18, Gráfica 8). Las variables con más peso a la hora de predecir la pertenencia de las parcelas al jardín son Altura promedio (m), %C-vertical, VTV-EPI, %EPI Total y %C-tierra respectivamente (Tabla 17). Entre tanto, para los hábitats boscosos podemos afirmar que las variables que tienen mayor importancia que las demás a la hora de predecir el hábitat al que pertenecen las parcelas son Altura máxima, VTV y en una medida un poco menor pero igualmente importante la Densidad Arbórea y %C-dosel respectivamente. Los coeficientes de estructura muestran que el % Área basal presenta la mayor correlación con la función canónica 1. Otras variables con una correlación positiva incluyen DAP y Altura promedio.

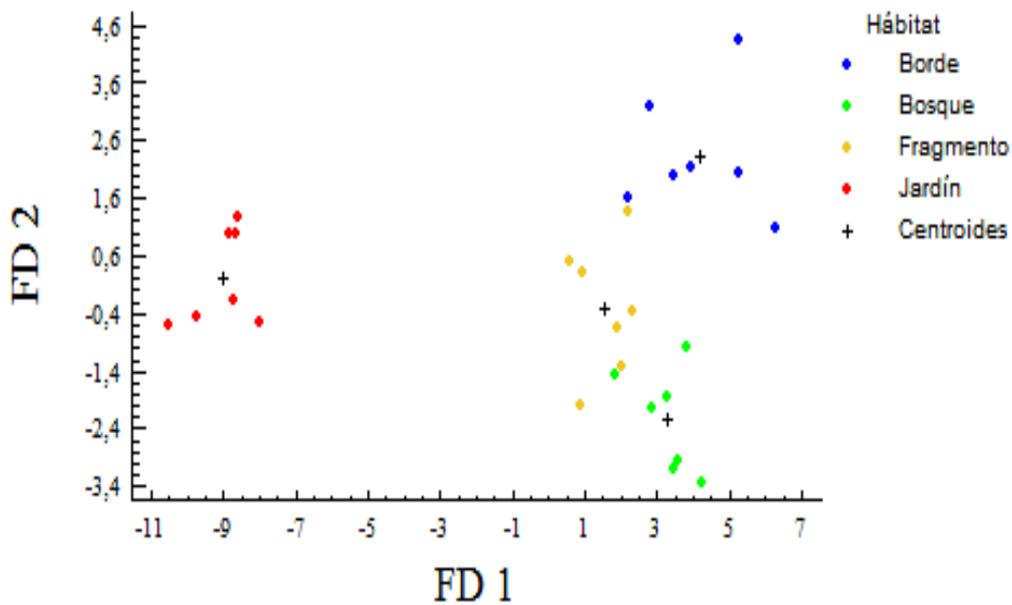
Tabla 17. Análisis discriminante para la función 1 y 2 para la identificación de variables vegetales asociadas a la pertenencia los distintos hábitats de un paisaje andino de Chicoral - Valle del Cauca.

Variables	Función 1		Función 2	
	Coefficientes estandarizados	Coefficientes estructura	Coefficientes estandarizados	Coefficientes estructura
% Área basal (m ²)	0,2191	-0,4830*	3,6966	0,0091
DAP (cm ²)	-0,1703	0,1150*	-3,8859	-0,0736
Altura promedio (m)	-0,8779	0,1000*	1,5863	0,0560
Altura máxima (m)	1,4798	0,2061	0,3973	-0,306*
VTV (cm ³ /m ²)	1,2765	-0,0202	-0,7322	-0,289*
VTV-EPI (cm ³ /m ²)	-0,4132	0,0045	0,1233	-0,220*
%C	-0,1060	0,3078	-1,4775	0,2977
Diversidad (H')	0,0277	0,4647	0,3937	-0,2881
Densidad Arbórea (m ²)	0,8402	0,1954	1,0437	-0,0070
%C-vertical	-0,5929	0,1090	-0,3054	-0,1755
%C-dosel	0,5285	0,0390	1,8704	-0,1273
%C-tierra	-0,2033	0,1507	0,0723	0,0406
%EPI Total	-0,3489	0,1093	-1,4921	-0,0849
Autovalor	32,5198		3,1215	
Lambda de Wilks	0,0053		0,1780	
% de varianza	90,32		8,67	
(χ^2 ; p)	($\chi^2= 96,9027$; p< 0,05)		($\chi^2=31,9282$; p> 0,05)	
Correlación canónica	0,98497		0,8703	

* Mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante.

Tabla 18. Funciones en los centroides de los grupos

Grupo	Función 1	Función 2
Borde	4,15784	2,34824
Bosque	3,28916	-2,24647
Fragmento	1,55199	-0,311867
Jardín	-8,99899	0,210091



Gráfica 8. *Funciones discriminantes (FD) 1 y 2 de las variables vegetales para la identificación asociada a la pertenencia los distintos hábitats de un paisaje andino de Chicoral - Valle del Cauca.*

En la gráfica 8 se observa que la función discriminante 1 (eje x) separa el hábitat jardín del resto de hábitats boscosos. La función 2 (eje y) separa el borde del resto de los hábitats, aunque si vemos en los resultados obtenidos en las funciones en los centroides de los grupos, el borde y jardín se separan de interior de bosque y fragmento (Tabla 18). Los centroides en la FD 2 son muy cercanos y la nube de puntos se traslapa en gran medida para los hábitats boscosos.

8. DISCUSIÓN

8.1 Comunidad de aves migratorias

Mis resultados sobre la comunidad de aves migratorias confirman los encontrados previamente por Montealegre (2009) y Arango (2010). Encontré un conjunto similar de especies de aves migratorias invernando en Chicoral. Aportando en este trabajo un nuevo registro para esta área de la especie *T. solitaria* (Datos no publicados Asociación Calidris) y con relación a trabajos previos, especies como *D. striata*, *D. cerulea*, *C. sordidulus*, *S. ruticilla* y *T. solitaria*. Dado que *O. philadelphia*, *D. fusca*, *D. cerúlea*, *M. varia*, *S. ruticilla*, *C. ustulatus*, *W. canadensis* y *P. rubra* permanecieron durante toda la temporada o gran parte de esta en el área de estudio, con lo cual se puede considerar que al menos una parte de las poblaciones de estas especies son residentes de invierno en el área de estudio.

Por su parte encontré que *D. striata*, *B. platypterus*, *P. noveboracensis*, *T. solitaria* y *C. virens* fueron registradas únicamente en la migración de otoño, mientras que *V. chrysoptera* y *H. rustica* se registraron en la migración de primavera, lo cual concuerda con lo hallado previamente para *V. chrysoptera*, *H. rustica* y *C. virens*, pero difiere para *B. platypterus*, y *P. noveboracensis* las cuales fueron anteriormente registradas esporádicamente y al final de la temporada migratoria respectivamente. Por su lado, el resto de especies presentan registros esporádicos sin un patrón definido coincidiendo para *P. ludovicianus* y se puede catalogar a estas especies como transeúntes en determinados meses del año en el área de estudio y no permiten concluir a que migración (otoño o primavera) se asocian estas especies.

El conjunto de poblaciones de aves migratorias reportada para Chicoral en este estudio, como era de esperarse, es similar y concuerda con las especies registradas en otras áreas, en hábitats con paisaje fragmentado en los Andes colombianos según lo reportado por BirdLife (2011) y la Fundación ProAves (2009). También se presentan similitudes en sus residentes de invierno como es el caso de *O. philadelphia*, *D. fusca*, *D. cerúlea*, *M.*

varia, *S. ruticilla*, *C. ustulatus*, *W. canadensis* y *P. rubra*. Al igual que similitudes en algunos residentes de invierno con lo encontrado por Arango (2010) para *D. fusca*, *O. philadelphia*, *M. varia*, *C. ustulatus*, *W. canadensis* y *P. rubra*. Otras especies como *P. ludovicianus*, *C. virens*, *P. noveboracensis* y *V. chrysoptera* presentaron pocos registros a lo largo de la temporada migratoria y sin un patrón, por lo cual no coincide con lo reportado en trabajos previos en los cuales se considera a estas especies como residentes de invierno de hábitats de bosques fragmentados en los Andes colombianos (BirdLife, 2011).

8.2 Abundancia absoluta de aves migratorias

La abundancia absoluta es un buen indicador del estado de las poblaciones naturales y de la utilización que estas hacen de un determinado ecosistema. En este estudio encontré que casi todas las especies migratorias se encuentran en más de un tipo de hábitat, lo cual concuerda con los estudios que apoyan la hipótesis de que muchas especies de aves migratorias tienden a ser generalista en el uso de hábitats, por lo menos, más que numerosas especies residentes (Greenberg, 1989, Piaskowski *et al.*, 2005). Así mismo, en este análisis encontré que no existen diferencias en las abundancias de los migrantes que pasan el invierno en cada tipo de hábitat estudiado durante los meses de Noviembre, Diciembre y Febrero.

Por su parte, en el mes de Marzo hay diferencias en las abundancias absolutas de *D. fusca* y *W. canadensis*, ya que se observa una notable variación en el uso de los distintos tipos de hábitat. *D. fusca* prefirió el jardín seguido de fragmento y luego el borde, presentando una baja abundancia absoluta en interior de bosque. Por su lado, en Marzo *W. canadensis* presentó una mayor abundancia absoluta en el fragmento y borde, y muy baja en el jardín, lo cual concuerda con otros estudios previos a este. En dichos estudios, se propone que hábitats con predominantes componentes naturales, como por ejemplo en este caso interiores de bosques tropicales, bordes y fragmentos parecen ser más atractivos para las aves al poseer una mejor calidad de hábitat, y por tanto se esperaría que tengan una

mayor densidad de aves migratorias (p.e. Estrada *et al.*, 1997, Petit *et al.*, 1999, Blake y Loiselle, 2001, Bojorges y López-Mata, 2005).

Según lo obtenido en este estudio para la abundancia absoluta, se puede concluir que al ser Marzo un mes cercano al final de la residencia invernal y el comienzo de la migración de primavera, las aves migratorias aumentan sus requerimientos de una mayor y mejor calidad recursos energéticos en preparación para sus largas travesías hacia el norte. Como se observó para *D. fusca* y *W. canadensis*, al presentar diferencias en las distribuciones de sus abundancias absolutas en los distintos tipos de hábitats al final de la temporada. Es muy probable que al aumentar el número de individuos migratorios, provenientes de localidades más al sur y también debido a su afán por acrecentar sus reservas energéticas, estas aves aumenten su movilidad dentro y entre hábitats, lo cual las hace más detectables. También más específicamente a que *W. canadensis* sea una especie con una mayor especialización en hábitats boscosos, mientras que *D. fusca* es una especie que muestra ser más generalista en sus requerimientos de hábitat durante la migración (p.e. Levey & Stiles, 1992, Parrish, 2000).

Por su parte, para *D. fusca* en el mes de Enero, encontré que existen diferencias en la densidad de esta especie en los distintos hábitats, teniendo una mayor densidad en jardín, seguida por el borde y fragmento, presentando una muy baja de abundancia absoluta en interior de bosque, lo que concuerda con el mes de Marzo en ambos extremos de la abundancia para jardín e interior de bosque. Lo anterior concuerda con lo observado previamente donde las especies migratorias neotropicales tienen preferencia por ambientes perturbados, semiabiertos y con una estructura sencilla, en sus áreas invernales (p.e. Hutto, 1980, 1989; Petit *et al.*, 1993, 1999, 2003). Pero tampoco se puede ignorar que el aumento o la disminución de la densidad en un hábitat, puede ser una consecuencia de la exclusión competitiva de los hábitats de mayor calidad, por parte de otras especies o incluso por individuos de la misma especie, según lo hallado por Ramírez (2009).

La mayor abundancia absoluta de *D. fusca* en el jardín indica una preferencia a usar este hábitat, en comparación con los hábitats boscosos. Las preferencias a usar un hábitat está muy posiblemente determinado por un aumento en la disponibilidad de recursos de forma diferencial entre los distintos hábitats, la morfología de la especie, las estrategias de forrajeo de cada especie o los requerimientos energéticos de las aves migratorias (Moore & Yong, 1991, Winker *et al.*, 1992, Block & Brennan, 1993, Lombardini *et al.*, 2001, Pavlacky & Anderson, 2001). Por su parte, para *P. rubra* no se encontró preferencias a usar un hábitat específico durante toda la temporada migratoria, lo cual sugiere que esta especie es generalista en el uso de los distintos tipos de hábitats estudiados en Chicoral. En cuanto a esto, para algunas regiones neotropicales se ha indicado que estados sucesionales intermedios, bosques secundarios y jardines son los tipos de vegetación más utilizado por especies migratorias generalistas (p.e. Hutto, 1980, 1989; Petit *et al.*, 1993), lo cual coincide con lo hallado en mi estudio.

Lo encontrado en mi trabajo concuerda con otros trabajos que sugieren que las aves migratorias terrestres utilizan una amplia variedad de hábitats, como interiores de bosques, bordes, jardines y fragmentos. El uso de una amplia variedad de hábitats, según Rappole & McDonald (1994), ha llevado a concluir que muchas especies migratorias son generalistas en la preferencia de hábitats, siendo capaces de tolerar una amplia variedad de estos. Por otra parte, la abundancia de las Reinitas (Parulidae) en determinados hábitats en la región tropical, puede estar relacionada a la abundancia de artrópodos en estos, tal y como lo menciona Lefebvre *et al.* (1994).

8.3 Uso de estratos vegetales por aves migratorias

Se observa una muy fuerte relación de las tres especies de aves migratorias con el estrato Subarbóreo (*Ar*). Por su parte *D. fusca* y *W. canadensis* presentaron un uso discriminado de los estratos vegetales Arbustivo (*Ab*), Subarbóreo (*Ar*) y Arbóreo inferior (*Ar*) para los hábitats boscosos, coincidiendo con lo hallado por Arango (2010) para estas especies. Se observó que a su vez para *D. fusca* y *W. canadensis*, coincidió con lo hallado

por Arango (2010) para el rango aproximado de altura del estrato que estas especies utilizaron con mayor frecuencia (estrato *Ar*). También coincidió con lo reportado por Keast (1980) para *W. canadensis*, quien afirma que durante la migración forrajea en el nivel de los arbustos que coincide con el estrato *Ar* a una altura aproximada de 7m.

En contraste *P. rubra* solo presenta diferencias en utilización de estratos para borde y jardín en lo cual difiere de lo encontrado por Arango (2010) donde esta especie no discrimina en el uso de estratos en los distintos hábitats. En los estratos bajos de los distintos tipos de hábitats no fue registrada ninguna de estas especies haciendo uso de estos.

D. fusca presentó un uso discriminado de los estratos vegetales siendo el *Ar* seguido por el *Ab* los estratos más utilizados en jardín, lo cual difiere de lo hallado por Arango (2010), donde esta especie no mostró diferencias estadísticas en el uso de estratos para este hábitat. Para *P. rubra* se encontró que la utilización de estratos en jardín coincide con lo hallado por Arango (2010), donde esta especie presentó un uso discriminado de estratos, siendo mucho mayor en el estrato *Ar*. Por su lado, *W. canadensis* utilizó de forma similar los estratos por encima de 1,51 m en el jardín, lo cual difiere con lo encontrado por Arango (2010), donde esta especie presentó diferencias en el uso de los distintos estratos en este hábitat.

8.4 Influencia de la estructura vegetal en la abundancia absoluta de migratorias

Se encontró diferencias en las características estructurales de la vegetación entre los distintos tipos de hábitats evaluados en este estudio, coincidiendo con lo hallado por Arango (2010). Todas las características vegetales presentaron una marcada similitud para los hábitats boscosos en comparación con el jardín donde predominó la escasa vegetación arbórea y epífita. *D. fusca* y *W. canadensis* se observa una preferencia por cierto tipo de estructura durante algunos meses de su estadía invernal, entre los cuales es relevante el mes de Marzo, dado que se observa una mayor dependencia por hábitats con una menor cobertura vegetal para el caso de *D. fusca* y una mayor dependencia de hábitats boscosos

con estructuras vegetales mucho más complejas para el caso de *W. canadensis*. Por su parte para otras especies, las diferencias en la estructura vegetal entre los distintos tipos de hábitats, no produce variaciones en la distribución de la abundancia absoluta de sus poblaciones entre estos, como es el caso de *P. rubra*.

9. CONCLUSIONES

La comunidad de aves migratorias está compuesta en su mayoría por especies residentes invernales de hábitats fragmentados en los Andes colombianos, excepto especies como *P. ludovicianus*, *C. virens*, *P. noveboracensis* y *V. chrysoptera* que son migrantes de otoño o primavera. También se observó que los meses clave para la comunidad de aves migratorias son Diciembre y Enero.

Las aves migratorias se comportaron como generalistas la mayor parte del su permanencia invernal en cuanto al uso de hábitat en Chicoral. Sin embargo, los hábitats boscosos con alta complejidad estructural, presentan la mayor abundancia absoluta de algunas especies como *W. canadensis*, muy posiblemente al poseer una mayor oferta de recursos asociados a la biomasa tal como artrópodos, percha y refugios. Por su parte los valores más bajos de abundancia absoluta de esta ave se encontraron en el jardín, posiblemente debido a la poca oferta de recursos. También es importante no desconocer los hábitos propios de esta especie, según los cuales durante la migración, se asocia a hábitats con un estrato arbustivo bien desarrollado, tales como bordes de bosques, hábitats ribereños y bosques de crecimiento secundario (Conway, 1999).

Es importante concluir que una estructura menos compleja como el jardín, no afecta la presencia de algunas especies de migrantes como *D. fusca*, prefiriendo estas áreas parcialmente despejadas, en estados sucesionales tempranos y que presumiblemente poseen una menor oferta de recursos tales como pequeños artrópodos, al poseer una menor presencia de epífitas. Este patrón puede deberse a que incluso este hábitat presentan vegetación mixta compuesta por ornamental, arbustos, cultivos de anturios y algunos árboles nativos, lo cual puede abastecer de distintos recursos a un número considerable de individuos de esta especie y a la comunidad de aves en general.

Las características vegetales juegan un papel influyente en la abundancia absoluta de las aves migratorias neotropicales passeriformes, dependiendo de los hábitos y requerimientos durante la residencia invernal de cada especie, y el avance de su estadía en los cuarteles de invierno. Para *D. fusca* su preferencia por el jardín en los meses de Enero y Marzo podría estar asociada con características vegetales tales como altura promedio, porcentaje de cobertura vertical (%C-vertical), volumen total de epífitas (VTV-EPI), presencia de epífitas (%EPI Total) respectivamente, y en mayor medida el porcentaje de cobertura vegetal en tierra (%C-tierra). Por su parte *W. canadensis* presenta una preferencia mayor por los hábitats boscosos durante el mes de Marzo por lo tanto su abundancia puede estar más relacionada con características vegetales tales como altura máxima, volumen total vegetal (VTV) y en una medida un poco menor, pero igualmente importante, con la densidad arbórea y el porcentaje de cobertura de dosel (%C-dosel) respectivamente.

También es importante aclarar que algunas especies, como *P. rubra* son generalistas en cuanto a la selección de un tipo de hábitat y no posee un patrón significativamente diferente entre hábitats.

Las especies de aves migratorias tienen una mayor preferencia por el estrato vegetal Subarbóreo (*Ar*) coincidiendo con una mayor presencia de epífitas para todos los hábitats boscosos en este estrato, lo cual puede indicar un papel más importante de las epífitas en este como sustrato, primordial para la oferta alimenticia de invertebrados en la dieta las especies migratorias. Si bien este patrón podría reflejar una relación directa de las epífitas con la oferta alimenticia en el estrato Subarbóreo, también podría reflejar una respuesta a variables que no fueron medidas como parte de este estudio, dado que la dieta de las migratorias es en su mayoría insectívora y a que estos son cuantiosos a través de la mayoría de los estratos de la vegetación.

Pese las limitaciones en la realización de este trabajo en cuanto a diseño, presupuesto, logística y tiempo en campo, los resultados muestran evidencia suficiente para afirmar que la abundancia de aves migratorias está influenciada por la estructura de la

vegetación en determinados periodos de su residencia invernal, como en el caso del inicio de la migración de primavera, por lo cual la hipótesis planteada es válida pero dependiente del avance de la residencia invernal.

Es necesaria la conservación de los hábitats boscosos para mantener y asegurar la densidad de las poblaciones de aves migratorias en el área de estudio, ya que éstos albergan la mayor abundancia absoluta de estas aves, y permite que se mantenga la conectividad con áreas aledañas de la región.

10. RECOMENDACIONES

Realizar estudios exhaustivos concentrados exclusivamente en las características estructurales de la vegetación y sus variaciones a largo plazo.

Realizar un seguimiento constante de la avifauna migratoria, que permita determinar el efecto de las características estructurales de los hábitats a largo plazo, sobre sus densidades.

Se sugiere estandarizar los tipos de hábitats presentes y de relevante interés para las aves migratorias en Chicoral en futuros estudios y así poder comparar las poblaciones de aves a largo plazo.

Para poder profundizar y dar continuidad al estudio de la comunidad de aves migratorias, es necesario realizar más muestreos, de manera periódica durante muchos años, en las mismas condiciones de paisaje y en transectos o rutas permanentes. Este muestreo se vería favorecido si se ampliara el rango de muestreo en áreas aledañas de la región.

Difundir la información obtenida en este estudio a la comunidad y a los visitantes de la vereda Chicoral, e igualmente a la colectividad de trabajadores de Agrícola Himalaya s.a.

11. LITERATURA CITADA

- Angarita, I. M., D. A. Arbeláez & L. G. Naranjo. 2004. Manual para el Monitoreo de Aves Migratorias. Convenio de cooperación entre la Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil y la Asociación para el Estudio y la Conservación de las Aves Acuáticas en Colombia. Calidris. Primera edición.
- Arango, C. A. 2010. Uso de hábitat y participación en bandadas mixtas por aves migratorias neárticas en un paisaje Andino. Pregrado en biología, Universidad del Valle, Santiago de Cali - Colombia.
- Askins, R. A., J. E. Lynch, & R. Greenberg. 1990. Population declines in migratory birds in eastern North America. *Current Ornithology* 7: 1-57
- Belfrage, K.; J. Björklund & L. Salomonsson. 2005. The Effects of Farm Size and Organic Farming on Diversity of Birds, Pollinators, and Plants in a Swedish Landscape. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 34(8): 582-588
- Bersier, L. F., & D. R. Meyer. 1995. Relation between bird assemblages, vegetation structure and floristic composition of mosaic patches in riparian forest. *Acta Oecologica* 15: 561-576
- Bersier, L. F., & D. R. Meyer. 1994. Bird assemblages in mosaic forest: the relative importance of vegetation structure and floristic composition along the successional gradient. *Revue d'Ecologie (la Terre et la Vie)* 50: 15-33
- Best, L. B. 1975. Interpretational errors in the "mapping method" as a census technique. *Auk* 92: 452- 460
- Bibby, C. J., N. D. Burgers & D. A. Hill. 1993. *Bird Census Techniques*. Academic Press, Cambridge.

- BirdLife International. Especies Migratorias Registradas en los Andes Tropicales. [En línea] <<http://www.birdlife.org/action/science/sites/neotropics/andes/species.html>> [Citado en 22 de abril de 2011].
- Blake, J. G. & B. A. Loiselle. 2001. Birds assemblages in second-growth and old-growth forest, Costa Rica: perspectives from mist nest and point counts. *Auk* 118: 304-326
- Block, W. M. & L. A. Brennan. 1993. The Habitat Concept in Ornithology. Theory and Applications. Págs. 35-90 en: D. M Power (ed). *Current Ornithology*, vol. 11. Plenum Press New York, USA.
- Bock, C. E., & J. F. Lynch. 1970. Breeding bird populations of burned and unburned conifer forest in the Sierra Nevada. *Condor* 72: 182-189
- Bojorges, B. J, L. López, L. A Tarango, J. G. Herrera & G. D. Mendoza. 2006. Combinación de métodos de muestreo para registrar la riqueza de especies de aves en ecosistemas tropicales. *Universidad y Ciencia*, 22(2): 111-118
- Bojorges, B. J. & L. López-Mata. 2005. Riqueza y diversidad de especies de aves en una selva mediana subperennifolia en el centro de Veracruz, México. *Acta Zool. Mex.* 21: 1-20
- Brower, J. E., J. H. Zar & C. N. von Ende. 1998. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. William C. Brown Publishers, USA.
- Buckland, S. T. 1987. On the variable circular plot method of estimating density. *Biometrika*. 43: 363-384
- Cano, T. P. 2009. Efecto de borde y mecanismos de dispersión en fragmentos de bosque en la vereda Chicoral, municipio de La Cumbre, departamento del Valle del Cauca. Pregrado en biología, Universidad del Valle, Santiago de Cali – Colombia.
- Caringnan, V. & M. Villard. 2001. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: A review. *Environmental Monitoring and Assessment*. 78: 45-61

- Carlisle, J. D., S. K. Skagen, B. E. Kus, C. van Riper III, K. L. Paxton, & J. F. Kelly. 2009. Landbird migration in the American West: Recent progress and future research directions. *The Condor* 111(2): 211-225
- Caughley, G. 1977. Analysis of vertebrate populations. Wiley-Interscience publication. John Wiley & Sons. London. 234 pp.
- Colorado, G. & Curados, T. 2006. Geographic distribution and habitat use by Cerulean Warbler (*Dendroica cerulea*) in natural vegetation and agro-ecosystems in northern Columbia. Final Report for the Nature Conservancy & Center for Bottomland Hardwoods Research. Accessed: November 22, 2008.
- Conway, C. J. 1999. Canada Warbler (*Wilsonia canadensis*). In A. Poole and F. Gill (eds.). The Birds of North America, No. 421. The Birds of North America, Inc., Philadelphia, PA. 24 pp.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC. 2006. Plan de manejo participativo Reserva Forestal Bitaco. Bitaco, Valle del Cauca, Colombia, Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC. 148p.
- Cortés, S. P. 2003. Estructura de la vegetación arbórea y arbustiva en el costado oriental de la Serranía de Chía (Cundinamarca, Colombia). *Caldasia* 25(1): 119-137
- Daily, G. C., P. R. Ehrlich & G. A. Sanchez-Azofeifa. 2001. Country biogeography: use of human-dominated habitats by the avifauna of southern Costa Rica. *Ecological Applications* 11: 1-13
- De La Zerda, S. 2000. Comparación de uso de hábitat por la reinita gorginaranja (*Dendroica fusca*) en Colombia y Norteamérica. *Boletín SAO*. 2000 Junio; 11(20-21): 24-37
- Di Rienzo, J. A., F. Casanoves, M. G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada & C.W. Robledo. InfoStat versión 2010. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

- Emlen, J. T. 1971. Population densities of birds derived from transect counts. *Auk* 88: 323-342
- Espinal, L. S. & E. Montenegro. 1963. Formaciones vegetales de Colombia. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá.
- Estrada, A., R. Coates-Estrada & D. A. Meritt. 1997. Anthropogenic landscape changes and avian diversity at Los Tuxtlas, Mexico. *Biodivers. Conserv.* 6: 19-43
- Finch, D. M. 1991. Population ecology, habitat requirements, and conservation of Neotropical migratory birds. U.S. Forest Service General Technical Report RM-205, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Fort Collins, Colorado. 26p.
- Franzreb, K. E. 1976. Comparison of variable strip transect and spot-map methods for censusing avian populations in a mixed-coniferous forest. *Condor* 78: 260-262
- Fundación ProAves. 2009. Plan para la conservación de las aves migratorias en Colombia. *Conservación Colombiana*. 11: 16-21
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) Offset Larios, México, D.F. 222 p.
- Hammer, Ø., D. A. T. Harper & P. D. Ryan. 2010. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp.
- Holdridge, L. R., W. Grenke, W. H. Hatheway, T. Liang & J. A. Tosi. 1971. Forest Environments in Tropical Life Zones: A Pilot Study. Pergamon Press, Oxford.
- Hussell, D. J. & J. C. Ralph. 2005. Recommended Methods for Monitoring change in landbird populations by counting and capturing migrants. *North American Bird Bander* 30(1): 6-20
- Hutto, R. L. 1989. The effect of habitat alteration on migratory land birds in a west Mexican tropical deciduous forest: A conservation perspective. *Conservation Biology* 3(2): 138-148

- Hutto, R. L. 1980. Winter habitat distribution of migratory land birds in western Mexico, with special reference to small foliage-gleaning insectivores. Pp. 181-203 In: Keast and Morton (eds) *Migrant birds in the Neotropics: ecology, behavior, distribution, and conservation*. Smithsonian Institution Press.
- Keast, A. 1980. Migratory parulidae: What can species co-occurrence in the north reveal about ecological plasticity and wintering patterns? Pp. 437-476 in A. Keast and E.S. Morton (eds.). *Migrant Birds in the Neotropics: Ecology, Behavior, Distribution, and Conservation*. Smithsonian Inst. Press. Washington.
- Kendeigh, S. C. 1944. Measurement of bird populations. *Ecol. Monogr.* 14: 67-106
- Koskimies, P. & R. A. Vaisanen. 1991. *Monitoring Bird populations*. Finnish Museum of Natural History, Helsinki.
- Lefebvre, G., B. Poulin & R. McNeil. 1994. Temporal dynamics of mangrove bird communities in Venezuela with special reference to migrant warblers. *The Auk*, 111(2): 405-415
- Levey, D. J., & G. F. Stiles. 1992. Evolutionary precursors of long-distance migration: resource availability and movement patterns in Neotropical landbirds. *American Naturalist* 140: 447-476
- Lombardini, K., R. E. Bennetts & C. Tourenq. 2001. Foraging success and foraging habitat use by cattle egrets and little egrets in the Camargue, France. *The Condor* 103: 38-44
- Macarthur, R. H., & J. W. Macarthur. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598.
- Macarthur, R. H. 1960. On the relative abundance of species. *Am. Nat.* 94: 25-36
- Mitchell, M. S., S. H. Rutzmoser, T. B. Wigley, C. Loehle, J. A. Gerwin, P. D. Keyser, R. A. Lancia, R. W. Perry, C. J. Reynolds, R. E. Thill, R. Weih, D. White & P. B. Word. 2006. Relationships between avian richness and landscape structure at multiple scales using multiple landscapes. *Forest Ecology and Management* 221: 155-169

- Montealegre, C. 2009. Patrones de diversidad en ensamblajes de aves en dos bosques de niebla de la Cordillera Occidental de Colombia. Pregrado en biología, Universidad de Los Andes, Santa fe de Bogotá - Colombia.
- Moore, F. R., S. A. Gauthreaux, P. Kerlinger, & T. R. Simona. 1995. Habitat requirements during migration: Important link in conservation. In: T. E. Martin and D. M. Finch, editors. Ecology and management of Neotropical migratory birds: A synthesis and review of critical issues. Oxford, NY: Oxford University Press; 121-144
- Moore, F. R. & W. Yong. 1991. Evidence of food based competition among passerine migrants during stopover. Behavioral Ecology and Sociobiology 28: 85-90
- Moreno, M. I., P. Salaman, A. & Quevedo, D. Caro. 2007. Conservation efforts for the Cerulean Warbler (*Dendroica cerulea*) in Colombia. Cerulean Warbler Summit 2: Development and Implementation of Conservation Actions.
- Moreno, M. I., P. Salaman & D. Pashley. 2006. The current status of the Cerulean Warbler on its winter range. Fundación ProAves Colombia & American Bird Conservancy.
- Pardiek, K. L. & J. R. Sauer. 2000. The 1995-1999 summary of the North American Breeding Bird Survey. Bird Populations 5:30-48
- Pavlacky, D. C. & S. Anderson. 2001. Habitat preferences of pinyon-juniper specialists near the limit of their geographic range. The Condor 103: 322-331
- Parrish, J. D. 2000. Behavioral, energetic, and conservation implications of foraging plasticity during migration. Studies in Avian Biology 20: 53-70
- Peterjohn, B. G. & J. R. Sauer. 1993. North American Breeding Bird Survey, Annual Summary 1990-1991. Bird Populations 1: 52-63
- Petit, L.J. & D.R. Petit. 2003. Evaluating the importance of human-modified lands for neotropical bird conservation. Conservation Biology. 17: 687-694

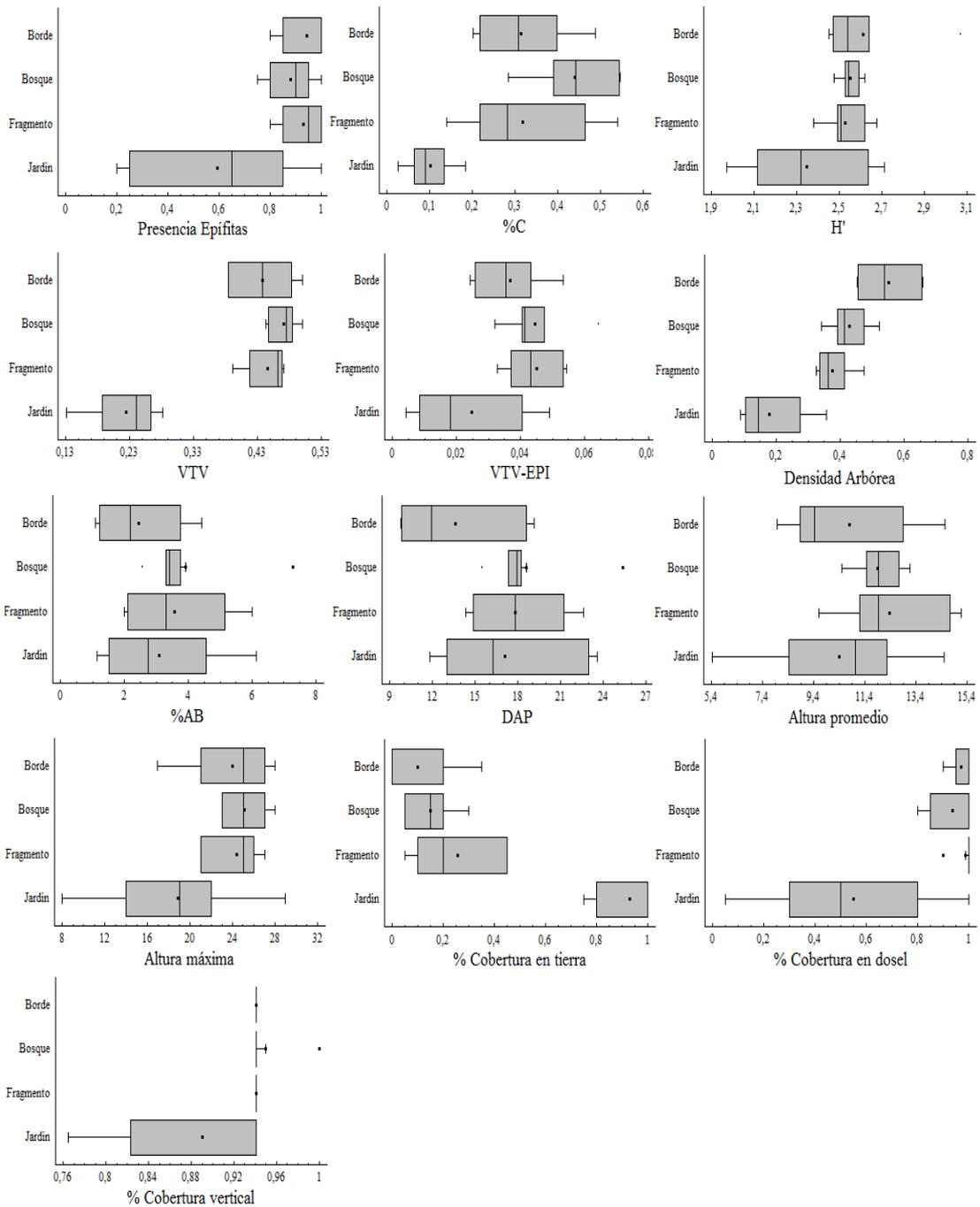
- Petit, L. J., D. R. Petit, D. G. Christian & H. D. W. Powell. 1999. Bird communities of natural and modified habitats in Panama. *Ecography* 22: 292-304
- Petit, D.R., Lynch J.F., R.L. Hutto, J.G. Blake & R.B. Waide. 1993. Management and conservation of migratory landbirds overwintering in the Neotropics. En: D.M. Finch and P.W. Stangel (Eds.) Status and management of Neotropical migratory birds. U.S. Forest Service General Technical Report.
- Piaskowski, V. D., M. Teul, K. M. Williams, & R. N. Cal. 2005. Habitat associations of Neotropical migrants in Belize, Central America, during the non-breeding season. *Passeng. Pigeon* 67: 61-76
- Ramírez, J. A. 2009. Diversidad de aves de hábitats naturales y modificados en un paisaje de la Depresión Central de Chiapas, México. *Biol. Trop.* 58(1): 511-528
- Rappole, J.H. & M.V. McDonald. 1994. Cause and effect in population declines of migratory birds. *The Auk*, 111(3): 652-660
- Restrepo, J. H. & L. G. Naranjo. 1999. Ecología reproductiva de una población de *Cochranella ignota* (Anura: Centrolenidae). *Rev. Acad. Colombia Cienc.* 23(86): 49-59
- Reynolds, R. T., J.M. Scott & R. A. Nussbaum. 1980. A variable circular plot method for estimating birds numbers. *Condor* 82: 309-313
- Rich, T. D., C. J. Beardmore, H. Berlanga, P. J. Blancher, M. S. W. Bradstreet, G. S. Butcher, D. W. Demarest, E. H. Dunn, W. C. Hunter, E. E. Iñigo-Elias, J. A. Kennedy, A. M. Martell, A. O. Panjabi, D. N. Pashley, K. V. Rosenberg, C. M. Rustay, J. S. Wendt & T. C. Will. 2004. Partners in Flight North American Landbird Conservation Plan. Cornell Lab of Ornithology. Ithaca, NY. [En línea] <http://www.partnersinflight.org/cont_plan/> (VERSIÓN: Marzo 2005). [Citado en 4 de Mayo de 2011].

- Robbins, C. S., J.R. Sauer, R. S. Greenberg & S. Droege. 1989. Population declines in North American birds that migrate to the neotropics. *Proceedings of National Academy of Sciences*. (USA) 86: 7658-7662
- Robbins, C. S., B. Bruun, H. Zim & A. Singer. 1983. *A guide to field identification birds of North America*. Goleen. Racine, Wisconsin. U.S.A.
- Robinette, W. L., C. M. Loveless, & D. A. Jones. 1974. Field tests of strip census methods. *J. Wildl. Manage.* 38: 81-96
- Rodríguez, E. R., L. León de la Luz, A. Breceda, A. Castellanos, J.Cancino & J. Llinas. 1996. Status, density and habitat relationships of the endemic terrestrial birds of Socorro Island, Revillagigedo Islands, Mexico. *Biological Conservation* 76: 195-202
- Salinas, L., C. Arana & V. Pulido. 2007. Diversidad, abundancia y conservación de aves en un agroecosistema del desierto de Ica, Perú. *Avances de las ciencias biológicas en el Perú, número especial* 13(3): 155 - 167
- Sauer, J. R., J. E. Hines & J. Fallon. 2008. *The North American Breeding Bird Survey, Results and Analysis 1966 - 2007. Version 5.15.2008*. USGS Patuxent Wildlife Research Center, Laurel, MD.
- Statgraphics Centurion Versión 15.2.06 en español. 2007. STSC and Statistical Graphics Corporation. Bakersville Maryland 13.
- Stotz, D. F., J. W. Fitzpatrick, T. A. III Parker & D. K. Moskovits. 1996. *Neotropical birds: ecology and conservation*. University of Chicago Press, Chicago.
- Welton, M., D. Anderson, E. S. Pérez, G. Colorado & D. Mehlman. 2007. *Cerulean Warbler: In Search of Critical Migratory Habitat*. Cerulean Warbler Summit 2.
- Wiens, J. A. & R. A. Nussbaum. 1975. Model estimation of energy flow in northwestern coniferous forest bird communities. *Ecology* 56: 547-561

Winker, K. 1995. Autumn stopover on the isthmus of Tehuantepec by woodland Nearctic-Neotropical migrants. *The Auk* 112: 690-700

12. ANEXOS

Anexo 1. Distribución de cada una de las variables de la vegetación ($\text{media} \pm \text{E.E.}$) en los cuatro tipos de hábitats de un paisaje andino de la vereda Chicoral - Valle del Cauca. Las cajas representa el rango de las densidades (intercuartiles), bisectada por el valor de la mediana, los cuadros la media y los puntos los aberrantes.



Anexo 2. Pruebas de múltiples rangos para todas las variables vegetales por hábitat por el método: porcentaje 95,0 de Tukey y Duncan. Los valores dentro de los paréntesis (n) corresponden al número de réplicas por hábitat.

Hábitat	Variable	Prueba	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (7)	%EPI Total	Duncan	0,5929	X
Borde (7)			0,8786	X
Fragmento (7)			0,9286	X
Jardín (7)			0,9429	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque		0,0643
Borde - Fragmento		0,0143
Borde - Jardín	*	0,3500
Bosque - Fragmento		-0,0500
Bosque - Jardín	*	0,2857
Fragmento - Jardín	*	0,3357

* indica una diferencia significativa.

Hábitat	Variable	Prueba	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (7)	%C	Tukey	0,1014	X
Borde (7)			0,3131	X
Fragmento (7)			0,3171	X
Jardín (7)			0,4408	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque		-0,1277
Borde - Fragmento		-0,0040
Borde - Jardín	*	0,2117
Bosque - Fragmento		0,1237
Bosque - Jardín	*	0,3394
Fragmento - Jardín	*	0,2157

* indica una diferencia significativa.

Hábitat	Variable	Prueba	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (7)	%C-tierra	Tukey	0,1000	X
Borde (7)			0,1500	X
Fragmento (7)			0,2571	X
Jardín (7)			0,9286	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque		-0,0500
Borde - Fragmento		-0,1571
Borde - Jardín	*	-0,8286
Bosque - Fragmento		-0,1071
Bosque - Jardín	*	-0,7786
Fragmento - Jardín	*	-0,6714

* indica una diferencia significativa.

Anexo 2. (Continuación)

Hábitat	Variable	Prueba	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (7)	%C-vertical	Tukey	0,8908	X
Borde (7)			0,9412	XX
Fragmento (7)			0,9412	XX
Jardín (7)			0,9496	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque		-0,0084
Borde - Fragmento		0,0000
Borde - Jardín		0,0504
Bosque - Fragmento		0,0084
Bosque - Jardín	*	0,0588
Fragmento - Jardín		0,0504

* indica una diferencia significativa.

Hábitat	Variable	Prueba	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (7)	%C-dosel	Duncan	0,5500	X
Borde (7)			0,9357	X
Fragmento (7)			0,9714	X
Jardín (7)			0,9857	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque		0,0357
Borde - Fragmento		-0,0143
Borde - Jardín	*	0,4214
Bosque - Fragmento		-0,0500
Bosque - Jardín	*	0,3857
Fragmento - Jardín	*	0,4357

* indica una diferencia significativa.

Hábitat	Variable	Prueba	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (7)	VTV	Tukey	0,2245	X
Borde (7)			0,4383	X
Fragmento (7)			0,4462	X
Jardín (7)			0,4714	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque		-0,0331
Borde - Fragmento		-0,0079
Borde - Jardín	*	0,2138
Bosque - Fragmento		0,0252
Bosque - Jardín	*	0,2469
Fragmento - Jardín	*	0,2217

* indica una diferencia significativa.

Anexo 2. (Continuación)

Hábitat	Variable	Prueba	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (7)	VTV-EPI	Tukey	0,0248	X
Borde (7)			0,0367	XX
Fragmento (7)			0,0445	X
Jardín (7)			0,0452	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque		-0,0078
Borde - Fragmento		-0,0085
Borde - Jardín		0,0119
Bosque - Fragmento		-0,0007
Bosque - Jardín	*	0,0197
Fragmento - Jardín	*	0,0204

* indica una diferencia significativa.

Hábitat	Variable	Prueba	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (7)	H'	Duncan	2,3492	X
Borde (7)			2,5261	XX
Fragmento (7)			2,5521	XX
Jardín (7)			2,6133	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque		0,0612
Borde - Fragmento		0,0872
Borde - Jardín	*	0,2641
Bosque - Fragmento		0,0260
Bosque - Jardín		0,2029
Fragmento - Jardín		0,1769

* indica una diferencia significativa.

Hábitat	Variable	Prueba	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (7)	Densidad Arbórea	Tukey	0,1796	X
Borde (7)			0,3764	X
Fragmento (7)			0,4304	X
Jardín (7)			0,5514	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque	*	0,1211
Borde - Fragmento	*	0,1750
Borde - Jardín	*	0,3718
Bosque - Fragmento		0,0539
Bosque - Jardín	*	0,2507
Fragmento - Jardín	*	0,1968

* indica una diferencia significativa.

Anexo 2. (Continuación)

Hábitat	Variable	Prueba	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (7)	Altura promedio	Tukey	10,4028	X
Borde (7)			10,8028	X
Fragmento (7)			11,8892	X
Jardín (7)			12,3700	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque		-1,0864
Borde - Fragmento		-1,5671
Borde - Jardín		0,4001
Bosque - Fragmento		-0,4807
Bosque - Jardín		1,4864
Fragmento - Jardín		1,9672

* indica una diferencia significativa.

Hábitat	Variable	Prueba	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (7)	Altura máxima	Tukey	18,8571	X
Borde (7)			24,0000	XX
Fragmento (7)			24,4286	XX
Jardín (7)			25,1429	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque		-1,1429
Borde - Fragmento		-0,4286
Borde - Jardín		5,1429
Bosque - Fragmento		0,7143
Bosque - Jardín	*	6,2857
Fragmento - Jardín		5,5714

* indica una diferencia significativa.

Hábitat	Variable	Prueba	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (7)	DAP	Tukey	13,6163	X
Borde (7)			17,1044	X
Fragmento (7)			17,8483	X
Jardín (7)			18,5749	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque		-4,9587
Borde - Fragmento		-4,2320
Borde - Jardín		-3,4881
Bosque - Fragmento		0,7266
Bosque - Jardín		1,4705
Fragmento - Jardín		0,7439

* indica una diferencia significativa.

Anexo 2. (Continuación)

Hábitat	Variable	Prueba	Media	Grupos Homogéneos
Bosque (7)	%AB	Tukey	2,4415	X
Borde (7)			3,0960	X
Fragmento (7)			3,5820	X
Jardín (7)			3,9229	X

Contraste	Sig.	Diferencia
Borde - Bosque		-1,4814
Borde - Fragmento		-1,1405
Borde - Jardín		-0,6545
Bosque - Fragmento		0,3410
Bosque - Jardín		0,8269
Fragmento - Jardín		0,4859

* indica una diferencia significativa.

Anexo 3. Pruebas de ANOVA y K-W para la Abundancia absoluta (Densidad corregida) de *Dendroica fusca* por mes.

Mes	Hábitat	N	Prueba	Medias	D.E.	Estadístico	p
Noviembre	Borde	18	K-W	1,83	3,03	7,07	0,0696
	Bosque	26		0,51	1,79		
	Fragmento	26		3,67	5,62		
	Jardín	22		2,09	4,25		
Diciembre	Borde	18	ANOVA	2,92	5,63	2,26	0,0871
	Bosque	26		1,26	3,23		
	Fragmento	26		2,75	4,47		
	Jardín	22		4,78	5,44		
Enero	Borde	18	K-W	3,65	4,64	8,64	0,0345*
	Bosque	26		1,01	3,05		
	Fragmento	26		2,75	5,00		
	Jardín	22		4,55	5,16		
Febrero	Borde	18	ANOVA	2,56	4,00	2,00	0,1193
	Bosque	26		1,52	3,38		
	Fragmento	26		3,06	5,07		
	Jardín	22		4,78	5,81		
Marzo	Borde	18	K-W	1,83	3,78	8,12	0,0435*
	Bosque	26		1,01	3,05		
	Fragmento	26		3,06	4,54		
	Jardín	22		3,59	3,92		

Para un $\alpha=0,05$: * es significativo, ** es altamente significativo y *** es altísimamente significativo.

Anexo 4. Pruebas de ANOVA y K-W para la Abundancia absoluta (Densidad corregida) de *Piranga rubra* por mes.

Mes	Hábitat	N	Prueba	Medias	D.E.	Estadístico	p
Noviembre	Borde	18	ANOVA	0,85	2,62	0,38	0,7675
	Bosque	26		0,34	1,19		
	Fragmento	26		0,59	1,66		
	Jardín	22		0,80	1,87		
Diciembre	Borde	18	ANOVA	0,28	1,20	1,05	0,3758
	Bosque	26		0,50	1,42		
	Fragmento	26		0,39	1,38		
	Jardín	22		1,13	2,53		
Enero	Borde	18	ANOVA	0,85	1,95	0,56	0,6449
	Bosque	26		0,34	1,19		
	Fragmento	26		0,39	1,38		
	Jardín	22		0,64	1,40		
Febrero	Borde	18	ANOVA	1,13	2,79	2,41	0,0721
	Bosque	26		0,17	0,86		
	Fragmento	26		0,00	0,00		
	Jardín	22		0,80	1,87		
Marzo	Borde	18	ANOVA	0,57	1,65	0,94	0,4256
	Bosque	26		0,17	0,86		
	Fragmento	26		0,39	1,38		
	Jardín	22		0,80	1,52		

Para un $\alpha=0,05$: * es significativo, ** es altamente significativo y *** es altísimamente significativo.

Anexo 5. Pruebas de ANOVA y K-W para la abundancia absoluta (Densidad corregida) de *Wilsonia canadensis* por mes.

Mes	Hábitat	N	Prueba	Medias	D.E.	Estadístico	p
Noviembre	Borde	18	ANOVA	0,37	1,55	1,52	0,2156
	Bosque	26		1,16	2,96		
	Fragmento	26		2,02	3,61		
	Jardín	22		0,75	1,94		
Diciembre	Borde	18	ANOVA	1,46	2,81	1,14	0,3367
	Bosque	26		1,11	2,38		
	Fragmento	26		2,10	3,66		
	Jardín	22		0,50	1,63		
Enero	Borde	18	ANOVA	2,56	4,00	2,36	0,0769
	Bosque	26		0,69	1,96		
	Fragmento	26		2,78	4,62		
	Jardín	22		1,00	2,18		
Febrero	Borde	18	ANOVA	2,19	3,91	0,71	0,5466
	Bosque	26		1,16	2,42		
	Fragmento	26		1,26	2,64		
	Jardín	22		1,00	2,18		
Marzo	Borde	18	K-W	3,29	4,07	12,03	0,0073*
	Bosque	26		0,93	2,79		
	Fragmento	26		3,29	4,65		
	Jardín	22		0,75	1,94		

Para un $\alpha=0,05$: * es significativo, ** es altamente significativo y *** es altísimamente significativo.