Contribuciones de la infraestructura verde lineal urbana al mantenimiento y uso de hábitat de comunidades de aves en una ciudad neotropical (Bogotá, Colombia)

MÓNICA ANDREA NOVOA SALAMANCA

Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Conservación y Uso de Biodiversidad.
Modalidad de Investigación

Director

JUAN DAVID AMAYA ESPINEL, Ph. D

Pontificia Universidad Javeriana
Facultad de Estudios Ambientales y Rurales
Maestría en Conservación y Uso de Biodiversidad
2022

Contribuciones de la infraestructura verde lineal urbana al mantenimiento y uso de hábitat de comunidades de aves en una ciudad neotropical (Bogotá, Colombia)

Mónica Andrea Novoa Salamanca

Trabajo de grado para optar por el título de Magister en

Conservación y Uso de Biodiversidad

Modalidad de: investigación

Director: Juan David Amaya Espinel, Ph. D

Evaluadora	**Evaluador**
Noemí Moreno Salazar MSc	**Sergio Córdoba Córdoba Ph.D**

Pontificia Universidad Javeriana

Facultad de Estudios Ambientales y Rurales

Maestría en Conservación y Uso de Biodiversidad

2022

Nota de Advertencia: Artículo 23 de la Resolución N° 13 de Julio de 1946.
“La Universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de tesis. Solo velará por qué no se publique nada contrario al dogma y a la moral católica y por qué las tesis no contengan ataques personales contra persona alguna, antes bien se vea en ellas el anhelo de buscar la verdad y la justicia”.

CONTRIBUCIONES DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE LINEAL URBANA AL MANTENIMIENTO Y USO DE HÁBITAT DE COMUNIDADES DE AVES EN UNA CIUDAD NEOTROPICAL (BOGOTÁ, COLOMBIA)

1. Resumen

Existe un creciente interés por comprender y mitigar los efectos que los crecientes procesos de urbanización a escala global pueden tener en la fauna silvestre. Frente a los efectos de la urbanización sobre aves y otros grupos de fauna, múltiples respuestas han surgido asociadas al desarrollo de políticas y herramientas para la conservación y mantenimiento de la biodiversidad en las ciudades. Sin embargo, en la práctica aún son poco conocidos aspectos relacionados sobre ¿qué especies están ocupando diferentes tipos de infraestructuras verdes lineales en una ciudad?, ¿qué uso están haciendo las aves de este tipo de infraestructuras verdes? y ¿qué determina el tipo de especies que allí se encuentran? Este estudio busca abordar algunos de estos vacíos mediante tres escalas de análisis que permita determinar la diversidad y distribución de especies relacionada con diferentes tipos de corredores, su uso y selección y cuantificar la influencia que diversos factores urbanos que describen a Bogotá a escala de sitio, paisaje y matriz urbana tienen sobre a) patrones de riqueza y abundancia totales, b) patrones de riqueza y abundancia registrados para gremios ecológicos en que fueron clasificadas las especies de acuerdo a su dieta y tolerancia a la urbanización y c) patrones de abundancia para un grupo de especies específicas (especies testigo) registradas en corredores ecológicos en la ciudad de Bogotá. Se obtuvo que los corredores de borde y ronda fueron los corredores que presentaron una similitud en su riqueza, en comparación a los corredores viales y el corredor control. Los ensambles de aves entre tipos de corredores tienen una importante disimilitud, especialmente por la diferencia entre las especies de aves encontradas en el corredor de borde y las del corredor control, registrándose la misma tendencia encontrada en relación a su tolerancia a la urbanización y dieta. Los corredores de borde, son el principal receptor de aves evasoras urbanas, los corredores de ronda de aves utilizadoras y adaptadores urbanos y los viales de aves adaptadoras urbanas. Los factores que condicionan tanto la presencia como la selección de hábitat de los corredores por la avifauna, fue el tráfico vehicular, el cual incidió negativamente sobre la composición de especies, por el contrario, las variables de sitio como el índice de diversidad general de Simpson, el índice de diversidad de especies nativas y la altura de las especies vegetales incidieron positivamente a la composición. Se espera que los resultados de este estudio contribuyan a la planificación ambiental de las áreas verdes de la ciudad, para el mantenimiento y conservación de la avifauna urbana.

Abstract

There is a growing interest in understanding and mitigating the effects that growing urbanization processes on a global scale can have on wildlife. Faced with the effects of urbanization on birds and other groups of fauna, multiple responses have emerged associated with the development of policies and tools for the conservation and maintenance of biodiversity in cities. However, in practice, little is known about aspects related to what species are occupying different types of linear green infrastructure in a city? What use are birds making of this type of green infrastructure? And what determines the type of species

found there? This study seeks to address some of these gaps through three scales of analysis to determine the diversity and distribution of species related to different types of corridors, their use and selection, and to quantify the influence of various urban factors that describe Bogotá at the site scale. landscape and urban matrix have on a) patterns of total richness and abundance, b) patterns of richness and abundance registered for ecological guilds in which the species were classified according to their diet and tolerance to urbanization and c) patterns of abundance for a group of specific species (control species) recorded in ecological corridors in the city of Bogotá. It was obtained that the border and round corridors were the corridors that presented a similarity in their wealth, compared to the road corridors and the control corridor. The bird assemblages between types of corridors have an important dissimilarity, especially due to the difference between the bird species found in the edge corridor and those in the control corridor, registering the same trend found in relation to their tolerance to urbanization and diet. The border corridors are the main receptor for urban evasive birds, the corridors for urban user and adapter birds, and the urban adapter bird vials. The factors that condition both the presence and the selection of habitat of the corridors by the avifauna, was the vehicular traffic, which had a negative impact on the species composition, on the contrary, the site variables such as the Simpson general diversity index, the diversity index of native species and the height of plant species had a positive effect on the composition. The results of this study are expected to contribute to the environmental planning of green areas in the city, for the maintenance and conservation of urban birds.

2. Introducción

El aumento del gradiente de urbanización registrado actualmente a escala global, constituye una de las presiones de perturbación antrópica con mayor impacto en los ecosistemas naturales de todo el mundo (Aronson et al., 2014). Un fenómeno que trae consigo usualmente profundas perturbaciones a escala local relacionadas con cambios en las coberturas vegetales y el uso del suelo, la alteración de los ciclos biogeoquímicos, el clima y los hidrosistemas, así como la pérdida y transformación de la biodiversidad nativa (Grimm et al., 2008). Un preocupante proceso de cambio teniendo en cuenta el expansivo crecimiento de la urbanización que ha llevado a que más de la mitad de la población mundial (aproximadamente 3.6 billones de personas - 51.4 %) viva actualmente en áreas urbanas. La población urbana ha pasado del 15% a principios del siglo XX a cerca de 3,6 mil millones en la actualidad. De mantenerse esta tendencia, para el 2050, el 66 % de la humanidad habitará en las ciudades, representando una situación desafiante particularmente para países en desarrollo en regiones como América Latina, donde la población urbana actualmente representa el 79 % de la población total. (Naciones Unidas, 2014).

Existe un creciente interés por comprender y mitigar los efectos que los procesos de urbanización pueden generar en la fauna silvestre (Güneralp et al., 2013; Mckinney, 2002). Múltiples estudios han demostrado que el crecimiento urbano promueve la extirpación de numerosas especies nativas, la dominancia de unas pocas especies altamente favorecidas por la presencia humana y la homogenización biótica (Grimm et al., 2008; Mckinney, 2006). Igualmente, han señalado los impactos que la urbanización tiene en los hábitos de reproducción y forrajeo, las tasas de depredación y las dinámicas de competencia de numerosas especies (Anderies & Shochat, 2007; Shochat et al., 2004). Efectos usualmente relacionados con la fragmentación, degradación y el reemplazo de hábitats naturales que genera el crecimiento urbano (Hostetler, 2001; Mccallum and B, 2002). Sin embargo, dichos efectos de la urbanización no necesariamente son homogéneos.

Mientras la urbanización promueve frecuentemente el declive de especies más sensibles a la pérdida y fragmentación del hábitat (especialistas de hábitat), puede llevar a que especies oportunistas (generalistas) que se benefician de las condiciones de la ciudad, muestren un aumento significativo en su abundancia (Chace & Walsh, 2006). Efectos que pueden también variar en magnitud dependiendo de múltiples variables como la localización biogeográfica de las ciudades, el tamaño y la conectividad de las áreas verdes que persisten en ellas, así como de factores históricos y económicos que le dan identidad a cada uno de estos espacios (Mckinney, 2008). Por lo tanto, los impactos de la urbanización en la fauna silvestre no se pueden generalizar y pueden depender del grupo taxonómico, la escala espacial de análisis y la intensidad de la urbanización estudiada (Güneralp et al., 2013; Mckinney, 2008).

Recientes estudios se han enfocado por comprender el verdadero papel que los diferentes tipos de elementos verdes lineales o corredores urbanos tienen en el mantenimiento de la avifauna urbana (Calder et al, 2015; Gillies, Cassady, & Clair, 2008; Hüse et al., 2016). Como por ejemplo a escala global, cómo influye en la avifauna que ocupa corredores verdes urbanos, variables como la ubicación de las calles, la estructura de la vegetación o el disturbio urbano (Fernández-Juricic, 2000). Igualmente, sobre el papel que estos elementos pueden jugar en el movimiento de las aves (Tremblay & St. Clair, 2009).
En el caso de Colombia, este interés se ha concentrado en el contexto de la EEP de la ciudad de Bogotá, mediante la caracterización de la avifauna asociada a corredores ecológicos de ronda y corredores viales (Agudelo, 2007; Córdoba-Córdoba et al., 2007; Sua, 2014).

2.1. Pregunta de investigación

¿Cómo inciden diferencialmente distintos tipos de elementos verdes lineales urbanos en la diversidad, distribución y patrones de uso de hábitat de la avifauna de una ciudad?

2.2. Objetivos

Objetivo general

Determinar la incidencia que distintos tipos de elementos verdes lineales urbanos tienen en la diversidad, distribución y patrones de uso de hábitat de las aves que se encuentran en la ciudad de Bogotá.

Objetivos específicos

1. Determinar la diversidad y distribución de especies relacionada con diferentes tipos de corredores de la infraestructura verde lineal de la ciudad de Bogotá.

2. Determinar patrones de uso y selección de hábitat por las aves en los diferentes tipos de corredores analizados.

3. Cuantificar la influencia de factores de paisaje, de sitio y de la matriz tienen sobre la diversidad y distribución de especies y patrones de uso encontrados en los diferentes tipos de corredores analizados.

Artículo de investigación

CONTRIBUCIONES DE LA INFRAESTRUCTURA VERDE LINEAL URBANA AL MANTENIMIENTO Y USO DE HÁBITAT DE COMUNIDADES DE AVES EN UNA CIUDAD NEOTROPICAL (BOGOTÁ, COLOMBIA)

Mónica Andrea Novoa Salamanca[1]

[1] *Pontificia Universidad Javeriana, Maestría en Conservación y Uso de Biodiversidad, Transversal 4 # 42-00, P. 8,Bogotá, D.C., Colombia. E-mail: novoasmonicaa@javeriana.edu.co*

Palabras claves:
Aves urbanas,
Corredores ecológicos
Tolerancia a la urbanización
Selección de hábitat
Disturbio urbano
Planificación ambiental
Ciudad

Resumen: Existe un creciente interés por comprender y mitigar los efectos que los crecientes procesos de urbanización a escala global pueden tener en la fauna silvestre. Frente a los efectos de la urbanización sobre aves y otros grupos de fauna, múltiples respuestas han surgido asociadas al desarrollo de políticas y herramientas para la conservación y mantenimiento de la biodiversidad en las ciudades. Sin embargo, en la práctica aún son poco conocidos aspectos relacionados sobre ¿qué especies están ocupando diferentes tipos de infraestructuras verdes lineales en una ciudad?, ¿qué uso están haciendo las aves de este tipo de infraestructuras verdes? y ¿qué determina el tipo de especies que allí se encuentran? Este estudio busca abordar algunos de estos vacíos mediante tres escalas de análisis que permita determinar la diversidad y distribución de especies relacionada con diferentes tipos de corredores, su uso y selección y cuantificar la influencia que diversos factores urbanos que describen a Bogotá a escala de sitio, paisaje y matriz urbana tienen sobre a) patrones de riqueza y abundancia totales, b) patrones de riqueza y abundancia registrados para gremios ecológicos en que fueron clasificadas las especies de acuerdo a su dieta y tolerancia a la urbanización y c) patrones de abundancia para un grupo de especies específicas (especies testigo) registradas en corredores ecológicos en la ciudad de Bogotá. Se obtuvo que los corredores de borde y ronda fueron los corredores que presentaron una similitud en su riqueza, en comparación a los corredores viales y el corredor control. Los ensambles de aves entre tipos de corredores tienen una importante disimilitud, especialmente por la diferencia entre las especies de aves encontradas en el corredor de borde y las del corredor control, registrándose la misma tendencia encontrada en relación a su tolerancia a la urbanización y dieta. Los corredores de borde, son el principal receptor de aves

evasoras urbanas, los corredores de ronda de aves utilizadoras y adaptadores urbanos y los viales de aves adaptadoras urbanas. Los factores que condicionan tanto la presencia como la selección de hábitat de los corredores por la avifauna, fue el tráfico vehicular, el cual incidió negativamente sobre la composición de especies, por el contrario, las variables de sitio como el índice de diversidad general de Simpson, el índice de diversidad de especies nativas y la altura de las especies vegetales incidieron positivamente a la composición. Se espera que los resultados de este estudio contribuyan a la planificación ambiental de las áreas verdes de la ciudad, para el mantenimiento y conservación de la avifauna urbana.

1. Introducción

Existe un creciente interés por comprender y mitigar los efectos negativos que los procesos de urbanización pueden generar en la fauna silvestre (Güneralp et al., 2013; Mckinney, 2002). Este fenómeno trae consigo usualmente profundas perturbaciones a escala local relacionadas con cambios en las coberturas vegetales y el uso del suelo, la alteración de los ciclos biogeoquímicos, el clima y los hidrosistemas, pero especialmente genera significativos procesos de pérdida y transformación de la biodiversidad nativa (Grimm et al., 2008). En ese sentido, se han hecho evidentes los impactos que la urbanización tiene en los hábitos de reproducción y forrajeo, las tasas de depredación y las dinámicas de competencia de numerosas especies (Anderies & Shochat, 2007; Shochat et al., 2004). Efectos usualmente relacionados con la fragmentación, degradación y el reemplazo de hábitats naturales que genera el crecimiento urbano, los cuales afectan a comunidades y poblaciones silvestres en todo el mundo (Hostetler, 2001; Mccallum and B, 2002).

Sin embargo, los efectos de la urbanización sobre la fauna silvestre no necesariamente son homogéneos y afectan negativamente a todas las especies. Mientras la urbanización promueve frecuentemente el declive de especies más sensibles a la pérdida y fragmentación del hábitat (especialistas de hábitat), puede llevar a que especies oportunistas (generalistas) que se benefician de las condiciones de la ciudad y la actividad humana, muestren un aumento significativo en su abundancia (Chace & Walsh, 2006). Efectos negativos o positivos que usualmente varían en magnitud dependiendo de múltiples variables que definen condiciones urbanas como la localización biogeográfica de las ciudades, el tamaño y la conectividad de las áreas verdes que persisten en ellas, así como de factores históricos y económicos que le dan identidad a cada uno de estos espacios (Mckinney, 2008). Por lo tanto, los impactos de la urbanización en la fauna silvestre no se pueden generalizar y dependerán en gran medida del grupo taxonómico, la escala espacial de análisis y la intensidad de la urbanización encontrada (Güneralp et al., 2013; Mckinney, 2008).

Las aves han sido uno de los grupos que mayor interés y estudio ha recibido frente a los efectos que el crecimiento urbano puede tener en la fauna silvestre. Esto debido a que son organismos altamente carismáticos, además de ser generalmente conspicuos, fáciles de examinar y servir como indicadores a las presiones generadas por diferentes niveles de desarrollo urbano (Ortega-Álvarez & Macgregor-Fors, 2011). De esta manera, el estudio de las aves en ciudades ha permitido comprender los efectos que el crecimiento urbano tiene en la riqueza y abundancia de comunidades y poblaciones biológicas (McKinney, 2008). A medida que se intensifica la urbanización, el efecto en las aves genera comunidades en las que abundan especies generalistas (llamadas adaptadoras urbanas), mientras que otras que son especialistas en hábitats y sensibles al cambio de paisaje (llamadas evasoras) desaparecen o permanecen en bajas densidades (Chace & Walsh, 2006; Marzluff, Bowman, & Donnelly, 2001). Adicionalmente, la urbanización usualmente afecta los comportamientos de reproducción y forrajeo de varias especies de aves, así como también aumenta las tasas de depredación y parasitismo de nido (Borgmann & Rodewald, 2004; Jokimaki & Huhta, 2000).

Frente a los efectos que la urbanización tiene sobre las aves y otros grupos de fauna y flora, o los impactos que esto puede tener en la pérdida de servicios ecosistémicos clave en el bienestar humano (*p.ej*. insectivoría, polinización y aviturismo), han surgido múltiples políticas y herramientas que buscan promover la conservación de la biodiversidad en las ciudades (Muller et al., 2010). Respuestas generalmente relacionadas con procesos de planeación territorial dirigidos a identificar, conservar, recuperar y conectar redes de espacios o fragmentos que no solo soporten la biodiversidad en las ciudades, sino que también maximicen la habitabilidad, la permeabilidad y la oferta de hábitat para múltiples especies (De Montis et al., 2016; Jongman, 1995). Un buen ejemplo de este tipo de respuesta, es la estrategia de planificación ambiental del territorio enmarcada en lo que se conocen como Redes Ecológicas (RE), las cuales buscan el mantenimiento de un grupo de áreas núcleo, corredores, zonas de amortiguación y áreas de rehabilitación que preservadas y conectadas ayudan a la conservación de la biodiversidad (De Montis et al., 2016). Otro ejemplo es la Infraestructura verde (IV), la cual usualmente es representada como una red interconectada de todo tipo de espacios verdes urbanos (canales, jardines, techos verdes, parques, bosques, corredores verdes, árboles en las calles y campos abiertos) que sustentan el aire y los recursos hídricos y contribuyen a la calidad de vida de las personas y comunidades locales (Jongman, 2004; Mcmahon, 2000). De igual manera, la IV es vista también como un grupo de fragmentos de áreas naturales, seminaturales o construidas dentro de las urbes que permiten amortiguar los efectos negativos de la urbanización sobre la biodiversidad (Franz Rebele, 1994; Tremblay & St. Clair, 2009).

En el marco de los procesos de planificación territorial urbana que incorporan los conceptos de las RE y la IV, el mantenimiento de elementos verdes de carácter lineal ha sido considerado como un factor crítico para promover la conectividad y el flujo de componentes y procesos de la biodiversidad en las ciudades (Jongman, 2004). Elementos lineales usualmente asociados con corredores verdes (parkways) y caminos verdes (greenways) que buscan conectar áreas urbanas verdes; así como cinturones verdes (greenbelts), que buscan reducir y delimitar la expansión urbana e industrial sobre el área rural (Jongman, 2004; Haaren & Reich, 2006). Aunque verdaderos corredores estructurales son difíciles de generar debido a las limitaciones geográficas del paisaje urbano, también existen puntos de enlace o trampolines (sensu “steeping stones”) que son una forma costo-efectiva para incrementar la conservación de la biodiversidad y mejorar la dispersión y flujo de servicios ecosistémicos en las ciudades (Dearborn & Kark, 2009). Se espera que la incorporación de elementos verdes lineales en la planificación de redes de espacios verdes urbanos, promueva la dispersión y la migración de especies a través del paisaje urbano, además de mantener hábitats requeridos para su alimentación y protección (Bennett, 2004).

Existe así un interés emergente por comprender el verdadero papel que diferentes tipos de elementos verdes lineales o corredores urbanos pueden tener en el mantenimiento de la avifauna urbana (Calder et al., 2015; Gillies, Cassady, & Clair, 2008; Hüse et al., 2016). Del mismo modo, existe actualmente un mayor conocimiento sobre los factores que explican por qué las aves se encuentran en este tipo de áreas verdes lineales de las ciudades y para que las usan. En este contexto, en ciudades como Belo Horizonte, Brasil y Madrid, España, la diversidad de especies de aves estuvo

positivamente relacionada a calles arboladas diversas y densas en vegetación (De Castro Pena et al., 2017; Fernández-Juricic, 2009). De igual forma, en ciudades como Amherst, Massachusetts y Grahamstown, Sudáfrica, la diversidad de especies de aves aumentó en calles arboladas con la altura de las especies vegetales y su abundancia (Shackleton, 2016), así como la ciudad de Los Ángeles, California evidenciaron una relación entre la densidad de la alimentación de las aves y la densidad y altura de la vegetación en calles arboladas (Wood, E. M, 2020).

En la alimentación, por ejemplo, la importancia de las presas de insectos para alimentar a las aves se está haciendo evidente en las calles arboladas de los ecosistemas urbanos, ya que las especies de árboles locales o nativos que han sido plantadas en estos elementos verdes lineales han sugerido que pueden albergar una mayor cantidad de presas de invertebrados disponibles para las aves, que las especies vegetales exóticas (Bhullar, 2000; Dyson, 2020). De otro lado, factores a escala de sitio pero a nivel de disturbio urbano como el tráfico vehicular, ha sido una variable determinante en algunas ciudades para la disminución de la riqueza y por ende en la ocupación de las aves en corredores viales, asociados principalmente a los altos niveles de ruido, en el cual el ruido puede interferir en el canto de las aves y puede inducir a altos niveles de estrés, disminuyendo la reproducción de especies cercanas a caminos y autopistas (Fernández-Juricic, 2009).

En Colombia, el interés por planificar y gestionar RE e IV que permitan mantener la biodiversidad en territorios urbanizados ha tenido como principal referente la normatividad distrital que mediante el Decreto 190 de 2004 definió la llamada Estructura Ecológica Principal (EEP). Una EEP definida como aquella “red de áreas naturales protegidas que tienen la “función básica de sostener y conducir biodiversidad y los procesos ecológicos esenciales a través del territorio, en sus diferentes formas e intensidades de ocupación, y dotar al mismo de bienes y servicios ambientales para el desarrollo sostenible” (Decreto 190 de 2004). De esta manera, la EEP constituye una propuesta de ordenamiento de la cobertura vegetal que se ha incorporado a los procesos de planificación territorial dentro del cual se reconocen y categoriza componentes como sistemas de áreas protegidas y parques urbanos de escala metropolitana y zonal, pero también elementos lineales como corredores ecológicos que promuevan la conectividad (Decreto 190 de 2004).

Estos elementos lineales incluidos en la EEP incluyen corredores ecológicos de ronda, que representan áreas verdes que se encuentran a lo largo de la ronda hidráulica y la zona de manejo y preservación ambiental de ríos, canales y quebradas de la ciudad. Igualmente, corredores viales que corresponden a zonas verdes y áreas de control ambiental de las vías urbanas, para las cuales sus áreas verdes externas pueden ser usadas con el fin de disminuir el impacto de fragmentación que ellas generan. Finalmente, la EEP incluye corredores de borde, los cuales describen la franja de 50 a 100 metros de ancho en el suelo rural contigua y paralela al perímetro urbano, cuya función principal es la de proteger el Sistema de Áreas Protegidas Distritales contra presiones de expansión urbana, minera y otros usos propios del territorio urbano. (Remolina, 2006).

Sin embargo, son escasos los estudios que han abordado la contribución que estos

tipos de corredores pueden estar ofreciendo al verdadero mantenimiento de la biodiversidad y en este caso de la avifauna de las ciudades en Colombia. Algunos de los estudios desarrollados se han concentrado en el contexto de la EEP de la ciudad de Bogotá, mediante la caracterización de la avifauna asociada a corredores ecológicos de ronda principalmente (Agudelo, 2007; Andrade, 2018; Chaparro, Sergio & Camargo, 2017; Clavijo, 2017; Pardo, 2018). Como ejemplo, estudios realizados en los corredores de ronda Canal Molinos, Corredor Río Fucha y corredor de ronda el Virrey, mostraron que las aves que habitan este tipo de corredores son fundamentales aves utilizadoras urbanas y aves evasoras urbanas (Agudelo, 2007; Chaparro, Sergio & Camargo, 2017; Clavijo, 2017). Así mismo, en algunos de estos estudios se han evaluados factores que inciden en la riqueza y abundancia presentes en corredores de ronda, en los cuales variables como el ruido y el tráfico peatonal, se mostraron fuertemente correlacionadas con patrones de reducción de la diversidad de especies de aves (Clavijo, 2017).

A pesar de estos avances, en la práctica aún son poco conocidos a escala global, nacional y en la misma Bogotá, patrones relacionados con la diversidad de la avifuna encontrada comparativamente en diferentes tipos de elementos lineales verdes urbanos, así como sobre el uso y la selección de hábitat que diferentes especies de aves hacen de estos. Igualmente, persiste un gran desconocimiento aún sobre qué factores urbanos que se expresan a diferentes escalas, están condicionando los patrones de la composición de la avifauna que habita en estos diferentes tipos de corredores verdes urbanos. Vacíos de información que impiden responder preguntas clave para la conservación de comunidades y poblaciones de aves en este tipo de paisajes altamente transformados tales como ¿qué especies están ocupando diferentes tipos de infraestructuras verdes lineales en una ciudad?, ¿qué uso están haciendo las aves de este tipo de infraestructuras verdes? y ¿qué determina el tipo de especies que allí se encuentran? Este estudio busca abordar algunos de estos vacíos mediante un análisis que permita determinar la diversidad de especies relacionada con diferentes tipos de corredores, reconocer el uso y selección que la avifauna urbana hace de estos diferentes tipos de elementos lineales con vegetación incorporados en la EEP de una ciudad como Bogotá, Colombia. Finalmente, se busca cuantificar la influencia que diversos factores urbanos que describen a Bogotá a escala de sitio (*p.ej.* ancho del corredor o diversidad de su vegetación), del paisaje (distancia a la fuente de especies más cercana) y de la matriz urbana (tráfico vehicular o densidad construida) tienen en la riqueza, los patrones de uso y selección identificados y en especies específicas que habitan la ciudad.

2. Materiales y métodos

2.1 Área de estudio

El estudio se desarrolló en la ciudad de Bogotá, Colombia, ubicada a 2600 msnm en la cordillera oriental de los Andes. Bogotá abarca cerca de 163.663 ha de las cuales 122.258 ha (75 %) corresponde a suelo rural, 38.431 ha (23 %) a suelo urbano y 2.974 (2 %) a suelo de expansión (SDP, 2014) (Figura 1).

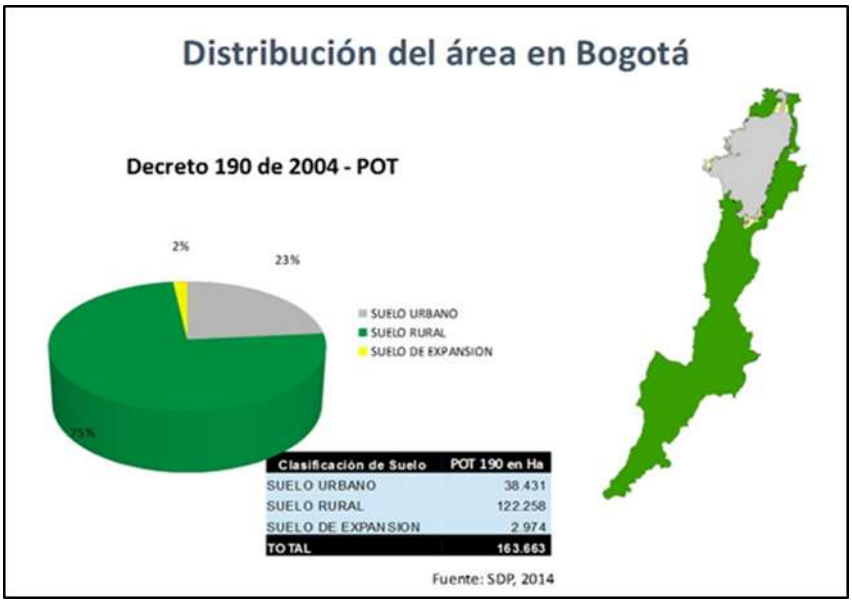


Figura 1. Área de Bogotá por tipo de suelo.

Las características climáticas de Bogotá corresponden con una temperatura media anual que en el noroccidente de la ciudad oscila entre los 6°C y los 12°C y en el nororiente hacia el centro se encuentra entre los 12°C a los 18°C. La ciudad presenta una precipitación entre los 500 mm a los 1500 mm anuales, de régimen bimodal, con temporadas de lluvias entre abril-mayo y septiembre-octubre y temporadas secas en diciembre-febrero y julio-agosto (Secretaria Distrital de Ambiente y Conservación Internacional, 2010).

En la ciudad, se ha implementado una propuesta de ordenamiento de la cobertura vegetal que en la matriz urbana se ve representada por 15 tipos de coberturas, siendo las más predominantes las áreas construidas (45,93 %), los pastos (22,11 %), y las redes viales, ferroviarias y terrenos asociados (19,78 %). En la matriz rural, se encuentran 38 tipos de coberturas, de las cuales la vegetación de páramos cubre el 50,8%, los pastos el 11,8 % y los bosques alto andinos el 4,5 % (Secretaria Distrital de Ambiente y Conservación Internacional, 2010). Esta propuesta de ordenamiento tiene como objetivo planificar y gestionar la infraestructura verde de la ciudad, con el fin de promover el mantenimiento de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Este ordenamiento ha tenido como principal referente la normatividad distrital que mediante el Decreto 190 de 2004 define la Estructura Ecológica Principal (EEP) como aquella "*red de áreas naturales protegidas que tienen la "función básica de sostener y conducir biodiversidad y los procesos ecológicos esenciales a través del territorio, en sus diferentes formas e intensidades de ocupación, y dotar al mismo de bienes y servicios ambientales para el desarrollo sostenible"* (Decreto 190 de 2004).

Esta EEP se ha incorporado a los procesos de planificación territorial de Bogotá, reconociendo y categorizando componentes como el sistema de áreas protegidas, los parques urbanos a escala metropolitana y zonal, al igual que elementos lineales verdes como corredores ecológicos que buscan promover la conectividad entre estos espacios. Los

corredores ecológicos que hacen parte de la EEP, fueron clasificados con base en criterios como la conectividad estructural de los componentes del sistema de áreas protegidas y la matriz del paisaje. Esta clasificación incluye elementos lineales verdes tales como el corredor ecológico de borde, corredor ecológico vial, corredor ecológico de ronda y caminos verdes, que responden a funciones diferenciales del flujo de servicios ecosistémicos a través del territorio urbano y rural en donde el uso principal es la producción, así como conservar el sistema de áreas protegidas de la ciudad (Remolina, 2006).

2.2 Áreas de muestreo

Con el fin de evaluar los factores que determinan la diversidad, distribución y patrones de uso y selección de hábitat de la avifauna urbana en diferentes tipos de infraestructura verde lineal de la ciudad de Bogotá, este estudio comparó la diversidad y uso del hábitat de la avifauna encontrada en 3 tipos de elementos verdes lineales clasificados e incluidos en el marco de la EEP. El primero de estos elementos corresponde con los corredores ecológicos viales (vial), los cuales incluyen zonas verdes y áreas de control ambiental que se encuentran a lo largo de vías urbanas de clase V-0 y V-1 (Remolina, 2006), así como espacios arborizados o emplazamientos que se encuentran en los andenes que separa las edificaciones de las vías y en los separadores (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011). Los corredores viales seleccionados para la presente investigación corresponden a los encontrados en la Avenida Boyacá (entre la calle 95 a la calle 127), Avenida Carrera 60 (entre la calle 26 y la calle 63) y la Avenida Las Américas (desde la estación grafiti hasta la estación Marsella de Transmilenio) (Fotografía 1).

a) b)



c)



Fotografía 1. Corredores ecológicos viales: a. Avenida Boyacá, b. Av. Cra. 60, c. Av. Américas.

El segundo tipo de corredor incluido en este estudio son los corredores ecológicos de ronda (ronda), los cuales señalan las áreas verdes lineales que se encuentran a lo largo de la ronda hidráulica y la zona de manejo y preservación ambiental de ríos, quebradas y canales de la ciudad, destinados principalmente al manejo hidráulico y a su restauración ecológica (Remolina, 2006). Los corredores ecológicos de ronda empleados en este estudio corresponden a los encontrados a lo largo de los canales del Río Molinos (Cl. 114 desde Av. Suba hasta Cra. 14), Río Arzobispo (Parque Nacional hasta la Cra. 24 con Cl. 45), Virrey (Cl. 88 entre Autopista Norte y Cra.7)) (Fotografía 2).

a) b)





c)



Fotografía 2. Corredores ecológicos de ronda: a. Río Molinos, b. Río Arzobispo y c. El Virrey.

En tercer lugar, se incluyó en el estudio un corredor ecológico de borde (borde), los cuales corresponden a franjas de 50 a 100 m de ancho en el suelo rural que se encuentran contiguos y de forma paralela al perímetro urbano. La principal función principal de estos corredores ecológicos de borde es la de proteger el Sistema de Áreas Protegidas Distritales contra presiones de expansión urbana, minera y otros usos propios del territorio urbano (Remolina, 2006). Este tipo de conectores se localizan en el límite urbano, áreas de expansión urbana y alrededor de canteras o rellenos sanitarios (Remolina, 2006). El corredor de borde seleccionado en esta investigación fue el de La Quebrada La Vieja (Artículo 100 Decreto 190 de 2004, artículo 91 Decreto 469 de 2003) (Fotografía 3).



Fotografía 3. Corredor de borde quebrada la vieja

Finalmente se incluyó a manera de control también en el estudio, la evaluación de la avifauna a lo largo de un corredor sin cobertura vegetal arbórea (control). Este corredor control correspondió a secciones de la Cra. 30 entre la Cl. 98 hasta la Cl. 88 (Fotografía 4).



Fotografía 4. Corredor Control.

2.3 Caracterización y comparación de los ensambles de aves

Para identificar y caracterizar los ensambles de aves que pueden encontrarse en cada uno de los 4 tipos diferentes de corredores ecológicos seleccionados (borde, ronda, vial y control), se realizaron tres (3) conteos de aves en ellos entre los meses de octubre de 2020 a marzo de 2021. Los conteos se llevaron a cabo en las primeras horas de la mañana (6:00-11:00 a.m.) aprovechando el mayor pico de actividad de la avifauna en este periodo (Ralph C.J et al., 1996).

El conteo y caracterización de la avifauna en estos corredores se realizó mediante el método de censo de transecto, el cual busca que la avifauna sea caracterizada mediante recorridos a lo largo de una distancia específica, así como en un tiempo y una velocidad constante (Ralph C.J et al., 1996). Para tal fin, los conteos de aves de este estudio se realizaron en cada uno de los corredores ecológicos seleccionados a lo largo de 4 transectos lineales con una extensión de 200 m y separados uno del otro por 250 m de longitud con el fin de asegurar la independencia entre los datos obtenidos en cada uno de ellos (Ralph C.J et al., 1996). En total, se caracterizaron 32 transectos o subunidades muestréales que pertenecen a 3 corredores de ronda (12 transectos), 3 corredores viales (12 transectos), 1 corredor de borde (4 transectos) y 1 corredor control (4 transectos). En cada conteo de cada transecto de cada corredor, se registraron las aves observadas desde el suelo hasta la copa superior del dosel, registrando la especie de ave correspondiente y el número de individuos observados. Para el caso de los transectos en el corredor control (calles sin cobertura vegetal), se registraron las especies en el suelo o volando hasta 20 m del suelo (Fernández-Juricic, 2000).

Con base en la información recolectada en los conteos de cada transecto, se estimó en primer lugar la representatividad de la comunidad de aves registrada con base en un análisis de acumulación de especies y el uso del estimador CHAO 1, el cual permite calcular una función del número de especies esperado (Mao Tau) y los intervalos de confianza del 95 % para el mismo, a partir de los datos obtenidos en grupos de muestras de 50 registros cada una (hasta usar la totalidad de los obtenidos) y múltiples iteraciones del mismo. La representatividad de la muestra obtenida a nivel total y para cada tipo de corredor, se estableció mediante el valor de la pendiente de la recta tangente al punto final de la curva (Colwell and Coddington, 1994). Para tal fin se empleó el paquete Biodiversity de R Studio "vegan" (Oksanen et al., 2016).

Para cuantificar y comparar la riqueza de especies acumulada encontrada en cada tipo de corredor evaluado (borde, ronda, vial y control), se empleó en primer lugar un análisis de rarefacción basada en muestras con el fin de estandarizar la riqueza con base en el esfuerzo diferencial de muestreo realizado entre las diferentes categorías de corredor (Colwell et al., 2012). En segundo lugar, se comparó también tanto la media de la riqueza como de la abundancia (basada en el número de registros obtenido por especie) de las aves registradas en cada conteo de cada transecto para los 4 tipos corredores. Para tal fin, se empleó una aproximación basada en el uso de un modelo lineal generalizado (GLM) que evaluará la relación del tipo de corredor con la riqueza y abundancia media encontrada en cada muestreo. Este análisis se hizo apoyado en la función glm y el paquete lme4 (Bates et al., 2015) en R Studio (R Development Core Team, 2018). Este segundo análisis comparativo se llevó cabo para tres diferentes niveles de variables respuesta:

1. Patrones de riqueza y abundancia totales.
2. Patrones de riqueza y abundancia registrados para gremios ecológicos en que fueron clasificadas las especies de acuerdo a su dieta y tolerancia a la urbanización.
3. Patrones de abundancia para un grupo de especies específicas.

En el caso de la dieta, se clasificaron las especies identificadas en los muestreos de acuerdo al tipo de alimento predominante consumido por la misma, esto con base en lo reportado previamente en la literatura (del Hoyo et al., 2014). Esta incluye grupos de especies carnívoras, insectívoras, frugívoras, nectarívoras, granívoras y omnívoras. En cuanto a los grupos de tolerancia a la urbanización, se siguió la clasificación sugerida por Fischer et al., (2015) basada en la frecuencia temporal y espacial con la que en los muestreos es observada cada especie, y que define especies como:

1. Evasores urbanos (Urban Avoider): Siendo aquellas especies con una alta sensibilidad a los cambios producidos por la urbanización y por tener requerimientos ecológicos específicos para sobrevivir. Generalmente ausente de áreas desarrolladas, pero pueden persistir en áreas naturales embebidas en paisajes urbanizados.

2. Utilizadores urbanos (Urban Utilizer): Las cuales hacen uso de los recursos que se encuentran en estos ambientes, pero siguen dependiendo de las áreas naturales para sobrevivir.

3. Adaptadores urbanos (Urban Dweller): La persistencia en el paisaje urbanizado es independiente de las áreas naturales, aprovechan los recursos brindados en los ambientes urbanos.

En cuanto a las especies específicas, se evaluó la abundancia registrada para 14 especies focales testigos de estos patrones, cuyo criterio de selección correspondió a una muestra de aquellas registradas exclusivamente en cada tipo de corredor (borde, ronda, vial), especies encontradas en dos tipos de corredores (*p.ej.* ronda-vial, borde-ronda) y especies que se registraron en todos los tipos de corredores (Anexo 1).

Adicionalmente, se evaluaron igualmente la similitud y complementariedad entre los ensambles de aves encontrados en cada tipo de corredor evaluado en el estudio. El análisis de similitud se abordó mediante un escalamiento multidimensional no métrico (NMDS). Para ello, se utilizó la abundancia total de cada tipo de corredor durante los 3 periodos de monitoreo. La ordenación se evaluó mediante el coeficiente de determinación basado en el estrés R2 (Oksanen, 2011), y la bondad de ajuste mediante el coeficiente de correlación al cuadrado (R2) y su ajuste mediante 999 permutaciones (Oksanen, 2011). El NMDS se realizó utilizando la función metaMDS en el paquete vegan (Oksanen et al., 2008) en RStudio (R Development Core Team, 2011).

La complementariedad se evaluó mediante el análisis del grado de anidamiento de las comunidades de aves encontradas en cada corredor, utilizando la métrica de Nestedness metric based on Overlap and Decreasing Filling (NODF). Las puntuaciones NODF van de 0 (sin anidamiento) a 100 (anidamiento perfecto). En la medida que el anidamiento sea mayor, esto indica un menor grado de complementariedad entre los tipos de corredores. El anidamiento se calculó utilizando la función nestednodf del paquete RStudio "vegan" (Oksanen et al., 2016).

2.3. Uso y selección de hábitat

Con el fin de determinar los patrones de uso y selección de hábitat de las aves, se registraron las actividades realizadas por cada individuo de las especies de aves observadas en los diferentes tipos de corredores ecológicos seleccionados, clasificándolas de la siguiente manera: alimentación (alm), vocalización (voc), percha (per), acicalamiento (Aci), reproducción (rep) y movimiento (mo). Así mismo, se tuvo en cuenta las interacciones entre individuos (competencia, depredación, parasitismo). Para la alimentación se tuvo como base los tipos generales de alimento según Stiles and Roselli (1998), los cuales se clasificaron en: insectos (Ins), invertebrados (Inv), semillas (S), frutos (F), néctar (N), vertebrados (V), carroña (C) y otros (O), donde se incluya los alimentos asociados a la coexistencia con la urbanización (Agudelo, 2007). En cuanto a la reproducción se incluyeron actividades de despliegue y cortejo (des), cópula (cop), recolección de material para nido (mat-nid), nido y alimentación de las crías (alm-cria).

La determinación del uso del hábitat se realizó siguiendo y anotando a lo largo de cada transecto la actividad que realizó cada individuo observado por un tiempo aproximado de 30 s en cada tipo de corredor, determinando de esta manera la cantidad de individuos de cada especie específica que se observó desarrollando alguna(s) de las actividades previamente descritas. Esta caracterización se realizó con base en 1) la abundancia de una

especie en ese corredor, y 2) la cantidad de veces que una actividad fue observada.

Para cuantificar la selección activa de las aves hacia los diferentes tipos de corredores ecológicos evaluados, se cuantificó las frecuencias de una actividad determinada por especie observada. Esto permitió establecer o inferir para cada especie la selección por un corredor ecológico para determinada actividad, que se clasificó de acuerdo a las mismas actividades tenidas en cuentas para la evaluación del uso.

Con el objetivo de analizar tanto el uso y la selección de hábitat en cada tipo de corredor evaluado, se empleó el índice de Manly (Manly, 1993):

$$\alpha_i = \frac{p_{U_i}}{p_{N_i}}\left[\frac{1}{\sum\left(p_{U_i}/p_{N_i}\right)}\right]$$

Donde *Pui:* Proporción de uso del tipo de corredor con respecto al número de individuos.
Pni: Proporción de uso del tipo de corredor con respecto al número de unidades del tipo de corredor.
Pui/PNi: Índice de radio de forrajeo

El rango del alfa de Manly va de 0 a 1; si el valor del índice es mayor que 0.5 señala que una especie selecciona un tipo de hábitat y si este valor es menor, señala que lo usa o lo evita.

Este índice se calculó para las mismas 14 especies focales testigos ya señaladas en la sección anterior.

2.4. Influencia de variables a escala del paisaje, sitio y matriz

Con el fin de evaluar la influencia que diversas variables a escala urbana pueden estar teniendo en los patrones de riqueza y abundancia, así como de uso de hábitat encontrados, se tuvieron en cuenta el siguiente grupo de mediciones:

Variables a escala del paisaje

Se midió como potenciales variables influyentes a esta escala, aquellas que relacionan no solo el tamaño del corredor, sino su posible conectividad con áreas de interés ecológico en la ciudad:

1) Longitud y ancho en metros de los diferentes corredores evaluados en este este estudio.

2) Distancia en línea recta en metros a los Cerros Orientales y el río Bogotá.

Para tales mediciones, se utilizó las capas geográficas de los diferentes corredores ecológicos priorizados, los cuales se obtuvieron a partir de la infraestructura de datos

espaciales para el Distrito Capital (IDECA). Con el uso de estas capas se realizó un análisis SIG-punto, el cual consistió en determinar la distancia euclidiana desde la coordenada del inicio de cada transecto de observación por corredor ecológico, obtenida en campo con apoyo de un GPS (Global Positioning System) y la menor distancia en metros a los Cerros Orientales y al río Bogotá utilizando SIG en el software ARCGIS.

Por otra parte, se determinó la longitud de cada corredor utilizando la herramienta Google Earth, que permitía observar la continuidad y adyacencia entre los fragmentos de las coberturas presentes en cada tipo de corredor y determinar el inicio y final de cada corredor, el cual fue medido en metros. Finalmente se midió en metros el ancho del corredor: al inicio, el centro y el final de cada transecto y se sacó el promedio para determinar el ancho de cada transecto por corredor seleccionado utilizando SIG en el software ARCGIS.

Variables a escala de sitio

La caracterización de las condiciones influyentes sobre la avifauna encontrada en los sitios evaluados (transectos) para los diferentes tipos de corredores, se hizo mediante la caracterización de la composición y estructura de su vegetación. Para tal fin, en cada transecto se evaluaron 3 parcelas de vegetación rectangulares de 25x30 m y distanciadas por 50 metros entre ellas (Fernández-Juricic, 2000), en cada una de las cuales se obtuvo:

1. Altura promedio de la vegetación en metros con apoyo de un hipsómetro.

2. Diámetro a la altura del pecho (DAP) promedio para el cual se utilizó una cinta diamétrica, midiendo la circunferencia del tronco a la altura de 1,3 metros.

3. Ancho de la copa promedio utilizando una cinta métrica.

4. Riqueza y abundancia de todos los árboles y arbustos con una altura mayor a 50 cm y un diámetro a la altura del pecho DAP > 2 cm (Mostacedo and Fredericksen, 2000, Villareal et al, 2006).

Para la composición se identificó las especies encontradas en cada parcela empleando diferentes fuentes bibliográficas tales como claves taxonómicas y libros como el “Arbolado Urbano de Bogotá” (Mahecha et al., 2010), “Vegetación del Territorio CAR” (Mahecha et al., 2004) y la Flora Vascular de la Quebrada la Vieja (Vargas et al., 2017). La determinación se realizó in situ, en los casos que fue posible y en los que no, se realizó la toma fotográfica del individuo y la colecta de una parte significativa y diagnóstica del mismo, el cual fue determinado en el Herbario del Jardín Botánico de Bogotá. Con base en esta clasificación se obtuvieron los patrones de riqueza y abundancia arriba mencionados.

Variables a escala de la matriz urbana

Se evaluó el grado de perturbación antrópica en cada corredor seleccionado. Para tal fin se realizó el conteo del número de peatones, número de carros y número de posibles

depredadores (gatos y perros) por un minuto, en intervalos de 3 minutos por un tiempo total de 15 minutos, a 2 horas específicas en cada transecto de observación (Fernández-Juricic, 2009). Estos 4 conteos realizados de un minuto en intervalos de 3 minutos fueron promediados para obtener el valor de cada variable por minuto por transecto en cada tipo de corredor.

Por otra parte, se determinó el índice espectral de urbanización (NDBI) por cada transecto por corredor evaluado, usando como referente el valor promedio del NDBI en los pixeles que se interceptaron con buffers circulares a diferentes distancias del centroide de cada transecto (30, 60, 100, 150, 250, 500, 750 y 1000 m). El NDBI representa valores entre -1 y 1 donde los valores cercanos a -1 corresponden a áreas con vegetación y valores más cercanos a 1 corresponden a áreas con mayor grado de densidad urbana (Zha, Gao y Ni, 2003). Este análisis se desarrolló con base en una imagen satelital Landsat 8 OLI Thematic Mapper de 21 febrero de 2015.

Análisis de influencia

Para determinar la influencia de las variables de paisaje, sitio y matriz (llamadas predictoras) sobre variables respuesta definidas por a) riqueza y abundancia total, b) riqueza y abundancia por gremios de dieta y tolerancia a la urbanización, y c) abundancia y frecuencia de las actividades registradas en las 14 especies focales seleccionadas, se utilizaron modelos lineales generalizados mixtos (GLMMs) y un proceso de selección de modelos basados en el criterio de información de Akaike (AIC) (Burnham and Anderson 2002). Se consideraron como factor aleatorio en estos modelos el número consecutivo de transecto y como factores fijos, las variables respuesta arriba mencionadas.

El análisis se hizo buscando no saturar posibles modelos dado el número de variables predictoras, motivo por el cual se hizo en primer lugar una reducción de las mismas, tomando en cuenta los resultados de una prueba de correlación y seleccionando solo aquellas que no estuvieran altamente correlacionadas ($r>0,7$) y que pudieran representar otro grupo de variables. Este análisis permitió reducir a 10 variables predictoras el análisis. A nivel del paisaje las variables predictoras seleccionadas fueron: índices de urbanización con un tamaño de buffer de 100 m y 500 m (d100, d500), distancia a los cerros (DisCerros, longitud, ancho). A nivel de sitio fueron: altura de la vegetación (Altura), índice de diversidad de Simpson (SimGen), índice de diversidad especies vegetales nativas (SimNat) y a nivel de la matriz: tráfico vehicular (CMax) y tráfico peatonal (PMax).

Para analizar su influencia sobre las variables respuestas mediante los GLMM, se identificaron 27 modelos plausibles con diferentes combinaciones (incluido un modelo nulo) que buscaban evaluar la contribución individual o grupal de las variables seleccionadas a explicar los patrones de riqueza, abundancia o actividad de las aves encontradas (Anexo 2). Este listado de modelos sigue las recomendaciones hechas por Burnham and Anderson (2002), que señalan las bondades de construir listados acotados de modelos que pongan a prueba hipótesis sobre su influencia, en lugar de probar todas sus combinaciones posibles y la posibilidad de que por azar sus variables al final puedan ofrecer resultados esperados. En este caso, se pusieron a prueba hipótesis sobre el efecto de individual o grupal de las variables en cada tipo de medición (paisaje, sitio y matriz),

separando las de matriz en dos grupos, grado de urbanización y perturbación). Así mismo, se pusieron a prueba hipótesis de la contribución de combinación de las variables entre grupos de estas (*p.ej.* paisaje y sitio). Finalmente, para evitar saturar los modelos evaluados, 26 de los modelos no superaron las 5 variables y solo 1 presentó 6 variables (Anexo 2).

La evaluación de estos modelos se realizó con el paquete Ime4 del programa de R, bajo la distribución de Poisson (dado que las variables respuesta corresponden con datos discretos provenientes de conteos), utilizando la función LOG como enlace. Con el fin de identificar las variables que explicaban mejor la relación entre variables respuesta y predictoras, en cada caso se empleó el modelo más parsimonioso usando el criterio de información de Akaike (AIC), o escogiendo aquellos modelos con una diferencia en el AIC menor a 2 unidades (Burnham and Anderson, 2002). En cualquiera de los dos casos, se identificaron las variables que dentro de los modelos seleccionados influyeran de manera significativa en la variable respuesta ($p<0.05$). Se extrajeron además los coeficientes como medida de la influencia identificada en cada variable identificada, así como los intervalos de confianza estimados en la misma. Este análisis se realizó utilizando el Paquete MuMIn en R.

3. Resultados

3.1 Diversidad y distribución de especies

En total para los 3 tipos de corredores verdes lineales, así como el corredor control que fueron evaluados en la ciudad de Bogotá, se registraron 80 especies pertenecientes a 28 familias, de las cuales 41 especies fueron registradas en el corredor de Borde Quebrada La Vieja, 47 especies en corredores de ronda, 28 especies en corredores viales y 7 especies en el corredor control (Anexo 3).

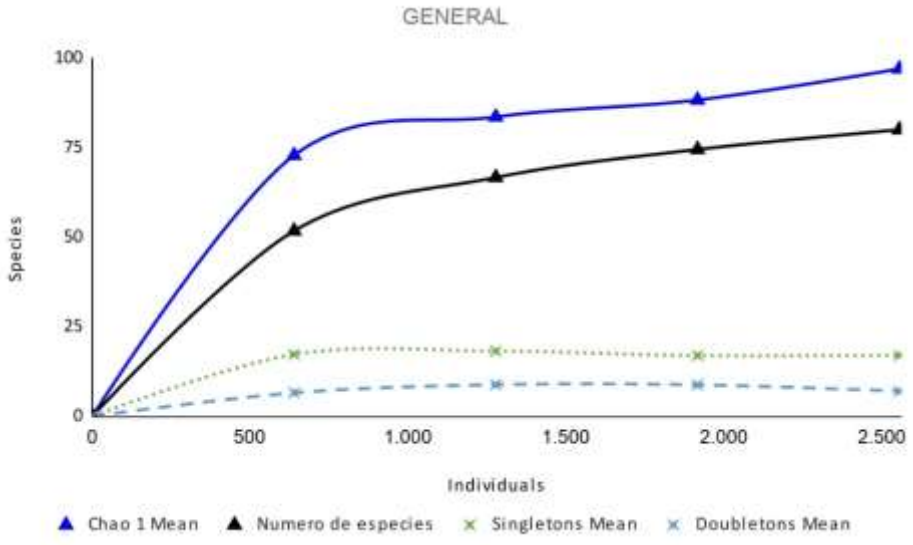


Figura 2. Curva de acumulación de especies corredores ecológicos evaluados en la ciudad de Bogotá.

La curva acumulación de especies general indica que los esfuerzos de muestreos para los corredores ecológicos evaluados en la ciudad de Bogotá están representando en una proporción significativa el número total de especies esperados, ya que los valores observados (80 sp) y sus intervalos de confianza (74-87 sp) se encontraron ligeramente por debajo del estimador de riqueza Chao 1 (97 sp). Obteniendo una representatividad de la riqueza en estos lugares del 83 % (Figura 2, anexo 4).

Al realizar un análisis de manera diferencial por tipo de corredor, se encontró que los tipos de corredores que tuvieron mayor representatividad en el muestro fueron los corredores de ronda con un valor de 96 % y borde con un 91 % de representatividad (anexo 4), evidenciado así mismo al observar los valores del estimador de riqueza Chao 1 y los intervalos de confianza así como la llegada de la curva a una asíntota, se podría inferir que la riqueza de especies no aumenta significativamente (anexo 4 y 5). Para los corredores viales y control la representatividad del muestreo fue el mismo con un 87 %, aunque los estimados siempre fueron mayores que los intervalos de confianza, no hay una diferencia considerable entre los valores de observado con el esperado Chao 1 (Anexo 4).

En cuanto a la comparación de la riqueza acumulada observada y esperada entre los diferentes tipos de corredores evaluados y teniendo en cuenta el esfuerzo diferencial del muestreo entre estos, las curvas de rarefacción e intervalos de confianza estimados muestra no existir una diferencia significativa en el número de especies encontradas en el corredor ecológico de borde (54 especies esperadas) y el corredor ecológico de ronda (56 especies esperadas). Por el contrario, si se evidenciaron diferencias entre este primer grupo de corredores, y la riqueza encontrada tanto en el corredor ecológico vial (37 especies esperadas) y el control (15 especies esperadas) con respecto a los demás tipos de corredores (Figura 3).

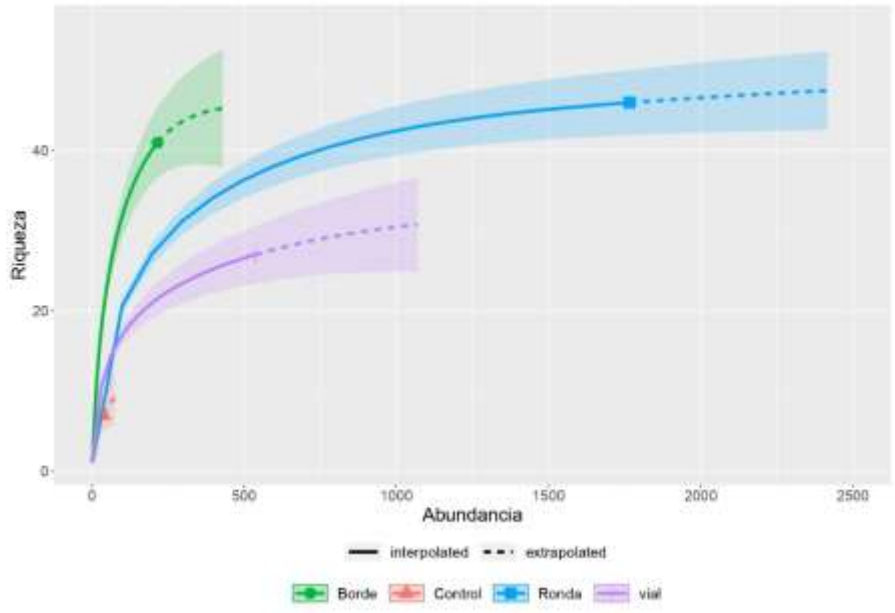


Figura 3. Curva de rarefacción basada en el tamaño de la muestra.

Esta tendencia es igual a la que se observa en relación a la comparación del número de especies de aves consideradas insectívoras donde el corredor de borde y ronda mantienen un número similar de especies con respecto al corredor vial, teniendo las demás dietas resultados diferenciales en la riqueza de especies por tipo de corredor principalmente para aves nectarívoras donde la mayor cantidad de especies estuvo representada en el corredor de borde y estuvieron ausentes en el corredor control (Tabla 1).

Para las especies clasificadas según el tipo de tolerancia a la urbanización, los evasores urbanos se encontraron con una mayor riqueza en el corredor de borde (26 especies esperadas) y estuvieron ausentes en el corredor control y en una baja riqueza en vial y ronda. Por el contrario, los utilizadores y adaptadores urbanos, la mayor riqueza fue registrada en corredores de ronda (30 especies esperadas) y (17 especies esperadas) respectivamente, seguidas en riqueza de especies por el corredor vial (Tabla 1).

Tabla 1. Riqueza de especies con base en el esfuerzo diferencial del muestreo para la riqueza general y dietas en corredores ecológicos priorizados en Bogotá. ICI: Intervalo de confianza inferior, ICS: Intervalos de confianza superior.

Dieta (Insectívoro)				
Corredores ecológicos	**Rarefaccionado**	**Observado**	**ICI**	**ICS**
Borde	30	21	18	24
Ronda	27	23	21	25
Vial	18	12	9	14
Control	1	1	1	1
Dieta (Nectarívoro)				
Corredores ecológicos	**Rarefaccionado**	**Observado**	**ICI**	**ICS**
Borde	16	12	10	14
Ronda	8	7	6	8
Vial	3	2	1	3
Dieta (Granívoro)				
Corredores ecológicos	**Rarefaccionado**	**Observado**	**ICI**	**ICS**
Ronda	6	5	3.92	6.08
Vial	4	4	4	4
Control	4	3	2	4
Dieta (Frugívoro)				
Corredores ecológicos	**Rarefaccionado**	**Observado**	**ICI**	**ICS**
Borde	11	8	6	10
Ronda	7	7	7	7
Vial	12	7	5	9
Control	1	1	1	1
Tolerancia urbanización (Evasoras)				
Corredores ecológicos	**Rarefaccionado**	**Observado**	**ICI**	**ICS**
Borde	26	22	18	26

Ronda	5	3	2	5
Vial	1	1	1	1
Tolerancia urbanización (Utilizadores)				
Corredores ecológicos	**Rarefaccionado**	**Observado**	**ICI**	**ICS**
Borde	21	15	12	18
Ronda	32	28	26	30
Vial	27	15	11	19
Control	7	3	2	4
Tolerancia urbanización (Adaptadoras)				
Corredores ecológicos	**Rarefaccionado**	**Observado**	**ICI**	**ICS**
Borde	6	5	4	6
Ronda	19	15	13	17
Vial	14	11	9	13
Control	6	4	3	5

Analizando los patrones de riqueza y abundancia (número de registros por especie) registrados en cada conteo realizado por transecto en cada tipo de corredor, se encontró un patrón similar al señalado por las curvas de rarefacción para la riqueza total acumulada, en donde los corredores de borde y ronda muestran una cantidad de especies similar entre ellos, pero significativamente mayor a la encontrada en los corredores viales y en el corredor control (Figura 4a).

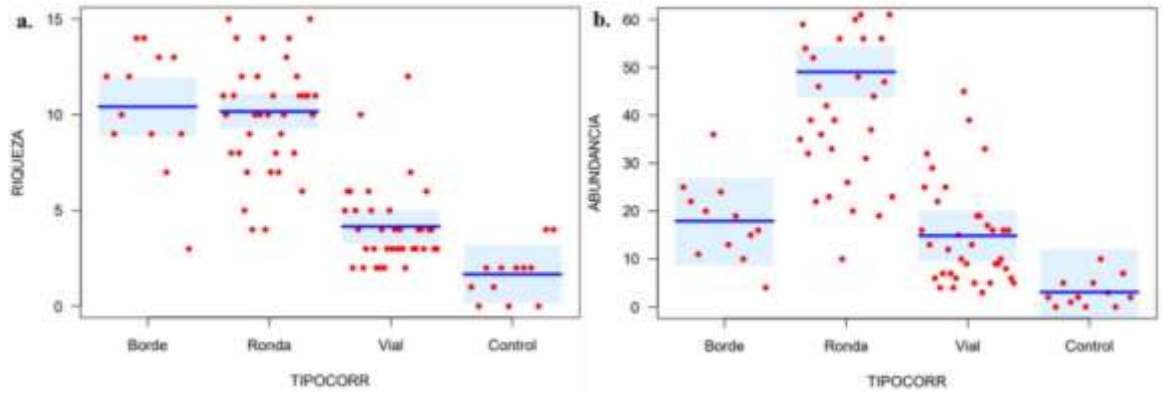


Figura 4. Patrones de riqueza (a) y abundancia (b) general de especies de aves en los 4 diferentes tipos de corredores ecológicos: Borde, ronda, vial y control en la ciudad de Bogotá.

En cuanto a la abundancia total, se encontró que el corredor con el mayor número total de registros fue el de ronda (figura 4b), en el cual se evidencia una cantidad significativamente mayor en relación a lo encontrado en los corredores de borde y vial, y de estos dos también con respecto al corredor control (tabla 2). En relación a los patrones de riqueza y abundancia registrados para gremios ecológicos en que fueron clasificadas las especies (Anexo 6), para los grupos de tolerancia a la urbanización se encontró que los evasores urbanos muestran patrones de riqueza significativamente mayores en corredores de borde

(p=<2e-16) a los encontrados en corredores de ronda y (p=6.41e-06) y viales (p=0.0037), mientras que en el control no fue observada ninguna especie de este grupo. Por su parte, la riqueza de utilizadores urbanos fue superior en corredores de borde (p= 1.6e-13) y ronda (p=0.12068), a la encontrada en los corredores viales (p=0.00369), mientras que la riqueza de adaptadores urbanos fue significativamente superior en los corredores de ronda (p=3.47e-06) con respecto a los demás tipos de corredores. Por el contrario, la abundancia en estos grupos mostró tendencias relativamente diferentes, con una mayor cantidad de registros de especies evasoras en corredores de borde (p=<2e-16) y viales (p=0.647), mientras que las abundancias de especies consideradas utilizadoras (p=0.000264) y adaptables (p=<2e-16) fueron significativamente mayores en corredores de ronda (Tabla 2, Anexo 6).

En cuanto a los patrones de riqueza de acuerdo a la dieta de las especies, las especies de nectarívoros y frugívoros mostraron una tendencia similar, con una significativa mayor riqueza en los corredores de borde (p=<2e-16) y (7.42e-12) respectivamente, en relación a lo encontrado en corredores de ronda y viales, así como con una ausencia o muy baja riqueza en el caso del corredor control. Tendencia similar a la observada en el caso de especies insectívoras en las que la riqueza es significativamente menor en corredores viales (p=0,000266) y control, pero diferente a la encontrada en especies granívoras que estuvieron ausentes en el corredor de borde y muestran valores similares, aunque inferiores de riqueza en relación a los otros grupos en los restantes corredores. Por el contrario, la abundancia de estos grupos de especies clasificadas de acuerdo a su dieta, mostraron una tendencia diferente a la de la riqueza, pero consistente en cuanto a mostrar un número significativamente mayor en todos los casos en los corredores de ronda, seguidos por los corredores de borde en el caso de las especies nectarívoras, insectívoras y frugívoras (Tabla 2, Anexo 6).

Tabla 2. Resultados de los GLMs realizados a los patrones de riqueza y abundancia de especies por dieta y tolerancia a la urbanización. ICI: Intervalo de confianza inferior, ICS: Intervalo de confianza superior.

	Tipo de corredor	**Borde**	**Ronda**	**Vial**	**Control**
Riqueza total	Estimado	10.41	10.16	4.16	1.66
	ICI	8.69	9.37	3.85	1.57
	ICS	12.35	11.36	4.66	1.91
Abundancia Total	Estimado	17.91	49.05	14.86	3.08
	ICI	15.62	46.67	14.16	2.97
	ICS	20.41	52.21	15.83	3.32
Riqueza Evasoras (Avoiders)	Estimado	5.58	1.12	1	----------
	ICI	4.35	1.03	0.96	----------
	ICS	7.02	1.5	1.48	----------
Abundancia Evasoras (Avoiders)	Estimado	9.41	8.37	10.3	----------
	ICI	7.78	7.72	9.58	----------
	ICS	11.26	9.56	11.91	----------

Riqueza utilizadoras (Utilizer)	Estimado	3.36	4.47	1.76	1.50
	ICI	2.3	3.57	1.46	1.4
	ICS	4.56	6.4	2.57	2.73
Abundancia utilizadoras (Utilizer)	Estimado	5.6	9.35	4.92	2.00
	ICI	4.34	8.08	4.28	1.9
	ICS	7.15	11.54	6.11	2.85
Riqueza adaptadoras (Dwellers)	Estimado	2	5.66	2.77	1.50
	ICI	1.27	3.8	1.88	1.15
	ICS	2.9	10.18	5.02	2.9
Abundancia adaptadoras (Dwellers)	Estimado	4	38.36	10.58	4.12
	ICI	4.42	31.26	8.68	3.48
	ICS	7.12	51.66	14.3	5.75
Riqueza nectarívoros	Estimado	4	1.87	1.09	----------
	ICI	2.88	1.56	0.96	----------
	ICS	5.37	2.57	1.59	----------
Abundancia nectarívoros	Estimado	5.66	9.62	3.66	----------
	ICI	4.42	4.29	2.12	----------
	ICS	7.12	10.61	4.64	----------
Riqueza insectívoros	Estimado	4.08	3.48	1.66	1.00
	ICI	3.04	2.87	1.42	0.99
	ICS	7.77	4.67	2.31	2.11
Abundancia insectívoros	Estimado	5.66	9.62	3.66	2.00
	ICI	4.42	8.31	3.21	1.95
	ICS	7.12	11.84	4.56	3.12
Riqueza frugívoros	Estimado	3.08	2.22	1.54	1.00
	ICI	2.19	1.73	1.22	0.91
	ICS	4.18	3.29	2.31	1.8
Abundancia frugívoros	Estimado	6.25	14.19	6.7	1.25
	ICI	4.94	12.4	5.88	1.18
	ICS	7.77	17.1	8.1	1.69
Riqueza granívoros	Estimado	----------	2.48	1.59	1.80
	ICI	----------	1.99	1.14	1.47
	ICS	----------	3.04	2.49	3.15
Abundancia granívoros	Estimado	----------	20.77	6.7	1.25
	ICI	----------	19.29	6.48	1.07
	ICS	----------	22.31	7.01	1.63

El análisis sobre la composición de especies encontrada en cada tipo de corredor, muestra que a nivel general y a diferencia de lo encontrado en los patrones de riqueza (mayor número de especies, pero similar en corredores de borde y ronda), los ensambles de aves

entre tipos de corredores tienen una importante disimilitud, especialmente por la diferencia entre las especies de aves encontradas en el corredor de borde y las del corredor control (Figura 5a).

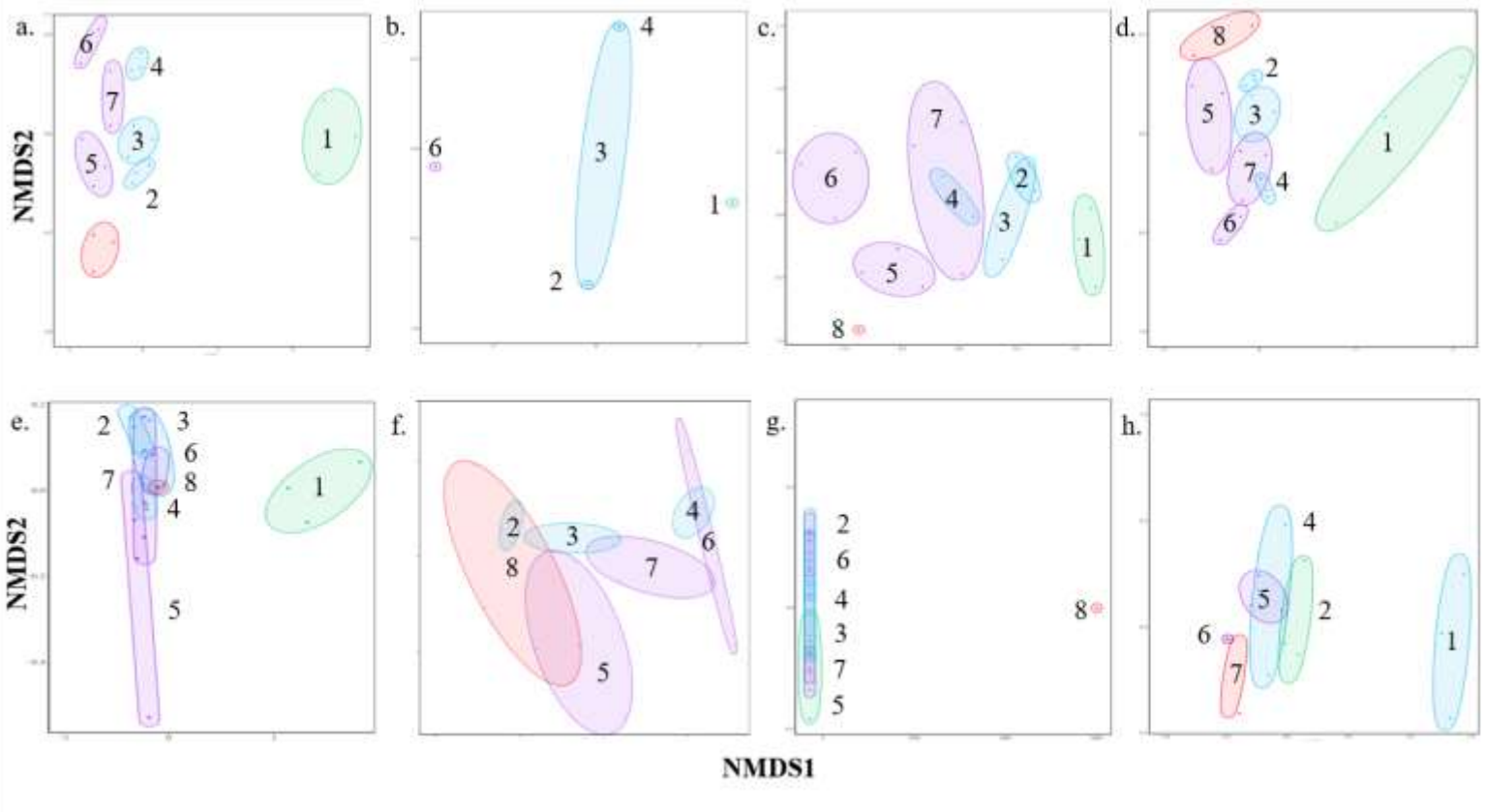


Figura 5. NMDS: a. General, b. Evasores, c. Utilizadores, d. Adaptadores, e. Frugívoros, f. Granívoros, g. Insectívoros, h. Nectarívoros. Corredores ecológicos: 1. Borde, 2. CR Arzobispo, 3. CR Virrey, 4. CR Molinos, 5. CV Av. Américas, 6. Av. Boyacá, 7. CV CRA 60, 8. Corredor Control.

En cuanto a la similitud en los ensambles de aves de los corredores en relación a su tolerancia a la urbanización, se encuentra una tendencia similar para evasores, utilizadores y adaptadores en cuanto a la diferencia en las especies de estos grupos que se encuentran en el corredor borde. Sin embargo, se observa como la tendencia a la similitud se incrementa entre los corredores en la medida que el grupo de especies se considera con mayor tolerancia a la urbanización (figura 5c-d). De forma similar, los gremios de dieta mostraron ensambles de aves en el corredor de borde significativamente diferentes a los encontrados en los restantes corredores, específicamente en el caso de especies consideradas frugívoras, insectívoras y nectarívoras (figura 5e, g, h). Por el contrario, en el caso de las especies granívoras todos los corredores muestran mantener una comunidad con una alta similitud, algo que también sucede al comparar los ensambles de los corredores de ronda, viales y control para todos los grupos de especies (figura 5e-h).

Finalmente, en cuanto a la complementariedad entre los ensambles de aves registrados en los diferentes tipos de corredores evaluados, el análisis de anidamiento arrojó un valor de NODF de 35.9, el cual está significativamente por debajo del valor máximo de referencia (100), mostrando el alto grado de anidamiento y baja complementariedad encontrado (figura 6). Particularmente, el corredor de borde quebrada la vieja muestra estar anidando a los demás corredores evaluados, siendo los corredores de ronda Molinos, Arzobispo y Virrey, así como los que aportan una mayor complementariedad (figura 6).

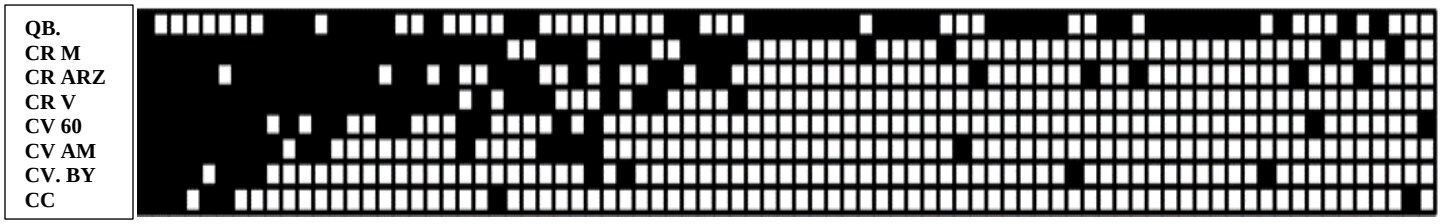


Figura 6. Grado de anidamiento de las comunidades de aves por corredor ecológico priorizado utilizando la métrica de Nestedness metric based on Overlap and Decreasing Filling (NODF). QB: Quebrada la vieja, CR. M: Corredor de ronda molinos, CR ARZ: Corredor de ronda Arzobispo, CV60: Corredor Vial Cra 60, CV.AM: Corredor Vial Américas, CV.BY: Corredor Vial Boyacá, CC: Corredor Control

3.2 Uso y selección de hábitat

En cuanto al índice de Manly encontrado para las 14 especies de aves seleccionadas como testigo del uso y selección de hábitat (en este caso tipo de corredor), la tabla 5 muestra un contrastante grupo de respuestas encontradas y resaltadas en un gradiente de colores. En estas respuestas se encontraron desde especies que muestran una presencia exclusiva (valores = 1) en alguno de estos elementos verdes lineales (rojo), los que seleccionan (valores > 0.5) alguno de estos a pesar de usar otros tipos de corredores (amarillo), hasta las que simplemente usan (valores >0<0.5) (verde y azul) o evitan (valores = 0) alguno de estos.

Tabla 3. Resultados índices de selección de Manly para 14 especies de aves testigos presentes en corredores ecológicos de la ciudad de Bogotá.

Especies	Borde	Ronda	Vial	Control
Anisognathus igniventris	**1.0**	**0**	**0**	**0**
Atlapetes pallidinucha	**1.0**	**0**	**0**	**0**
Coccyzus americanus	**0**	**1.0**	**0**	**0**
Colibri coruscans	**0**	**1.0**	**0**	**0**
Columba livia	**0**	**0.9**	**0**	**0**
Diglossa cyanea	**0.6**	**0.4**	**0**	**0**
Mecocerculus leucophrys	**0.5**	**0.4**	**0**	**0**
Molothrus bonariensis	**0**	**0.4**	**0.6**	**0.1**
Turdus fuscater	**0**	**0.9**	**0.1**	**0**
Tyrannus melancholicus	**0**	**0.9**	**0.1**	**0**
Tyrannus tyrannus	**0**	**0**	**1.0**	**0**
Vireo olivaceus	**0**	**1.0**	**0**	**0**
Zenaida auriculata	**0**	**0.9**	**0.1**	**0**
Zonotrichia capensis	**0**	**0.8**	**0.1**	**0**

En el primer grupo, se encontraron especies como *Anisognathus igniventris* y *Atlapetes pallidinucha* que usaron exclusivamente el corredor de borde, *Coccyzus americanus* y *Vireo olivaceus* los corredores de ronda o *Tyrannus tyrannus* los corredores viales. En el segundo grupo, estuvieron especies como la *Diglossa cyanea* o el *Mecocerculus leucophrys* que mostraron seleccionar el corredor de borde a pesar de usar tambien los corredores de ronda. De manera similar, *Turdus fuscater*, *Tyrannus melancholicus, Zenaida auriculata y Zonotrichia capensis*, muestran seleccionar corredores de ronda a pesar que usan también corredores viales, mientras que una especie como *Molothrus bonariensis* aunque selecciona corredores viales, muestra usar también corredores de ronda, pero también ser la unica especie de las analizadas que usa los corredores sin vegetación (Tabla 3).

En relación a la frecuencia de cada actividad registrada por especie observada en cada corredor ecológico, se observó que especies adaptadoras urbanas como *Z. auriculata*, parecen seleccionar el corredor de ronda para actividades principalmente de percha, alimentación y movimiento, aunque también se observó usando este tipo de corredor para acicalamiento y reproducción. Especies utilizadoras urbanas como *D. cyanea* y *M. leucophrys*, se registraron seleccionando el corredor de borde para actividades de percha y movimiento, más vocalización para el caso de *M. leucophrys*, a quienes también se le observó usando el corredor de ronda.

En el mismo sentido, especies adaptadoras urbanas como *Z. capensis, T. fuscater y Z. auriculata*, parecen seleccionar el corredor de ronda para actividades como alimentación y percha principalmente, aunque también se le observó en movimiento, acicalamiento y con menor frecuencia en reproducción. La única especie que se registró en actividades de interacción principalmente en defensa del territorio y competencia por recursos fue a *T. fuscater* en este tipo de corredor. De otro lado, *M. bonariensis* que fue la única especie que

seleccionó corredor vial, se le registró realizando actividades de alimentación y percha en este tipo de corredor (figura 7).

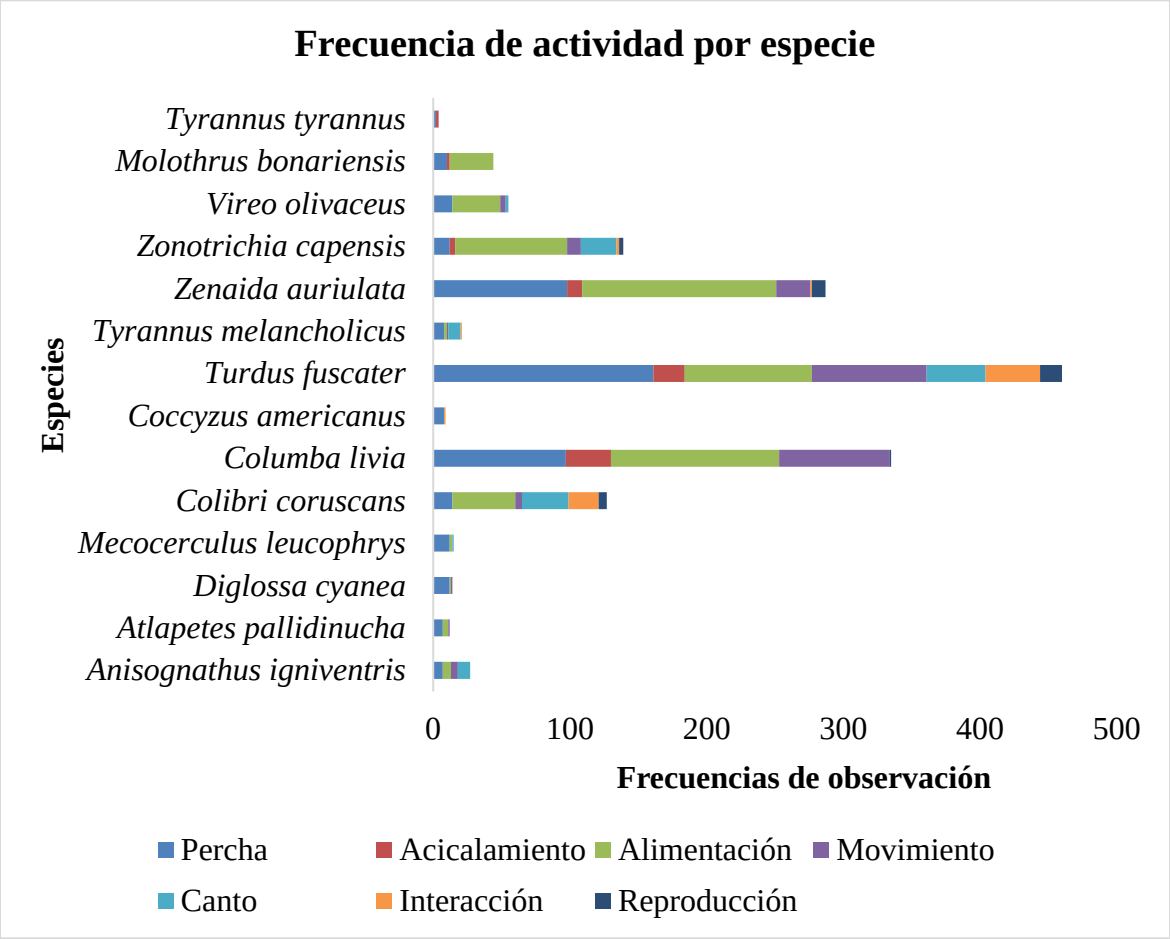


Figura 7. Frecuencias de observación por actividad para el corredor seleccionado

3.3 Influencia de variables a escala del paisaje, sitio y matriz

En cuanto a la contribución de variables que describen condiciones de los corredores y de la matriz urbana que los rodea sobre la riqueza y abundancia registrada en cada corredor, se encontraron patrones que muestran respuestas contrastantes, especialmente relacionadas con el grado de tolerancia a la urbanización y la dieta en la que las especies pueden ser clasificadas.

Para la riqueza total de especies, se encontró que variables relacionadas con la composición y estructura de la vegetación tales como su altura o su diversidad (total o de especies nativas), muestra relacionarse positivamente con un mayor número de especies en los corredores. Caso contrario al del tráfico vehicular (CMax), el cual muestra estar potencialmente influyendo negativamente la riqueza encontrada en estos elementos verdes lineales (Tabla 4), así como una tendencia a reducir significativamente el número de

especies en la medida que esta perturbación puede aumentar (Figura 8a). Una tendencia similar en el caso de la abundancia total encontrada en los corredores en los que este tráfico vehicular muestra tener una relación significativamente negativa, contrario a lo que en este caso sucede con un mayor ancho de estos elementos, pero también con la distancia a los cerros orientales de Bogotá (Tabla 4), la cual muestra incrementar la cantidad de registros en la medida que por ejemplo esta última aumenta (Figura 8b).

En cuanto a la respuesta de los grupos de aves de acuerdo a su tolerancia a la urbanización, se encontró que, de forma común, el tráfico vehicular (CMax), parece influir negativamente la riqueza y abundancia de la mayoría de especies, excluyendo a las evasoras y granívoras que no muestran tener alguna relación con esta variable. Por el contrario, las aves evasoras muestran que su riqueza y abundancia puede verse de manera específica relacionada negativamente por el incremento en la densidad construida a 100 m (d100) (Figura 8c-d), pero también con una mayor distancia a los cerros y un mayor ancho en metros del corredor, así como verse favorecidas por una longitud mayor del corredor, aunque también con un incremento en la densidad construida a una escala de 500 m (d500).

Por su parte, la riqueza de especies utilizadoras muestra verse relacionada positivamente con el incremento de la altura y diversidad de la vegetación de los corredores (Figura 8e), aunque su abundancia solo muestra aumentar en la medida que también lo hace el tráfico peatonal (Figura 8f). El caso más contrastante fue el hallado en las especies adaptables en las que incrementos en el ancho, largo o distancia a los cerros de los corredores, muestran una relación positiva tanto con su riqueza como abundancia (Tabla 4), así como las consecuencias que puede tener su incremento en el futuro (Figura 8g).

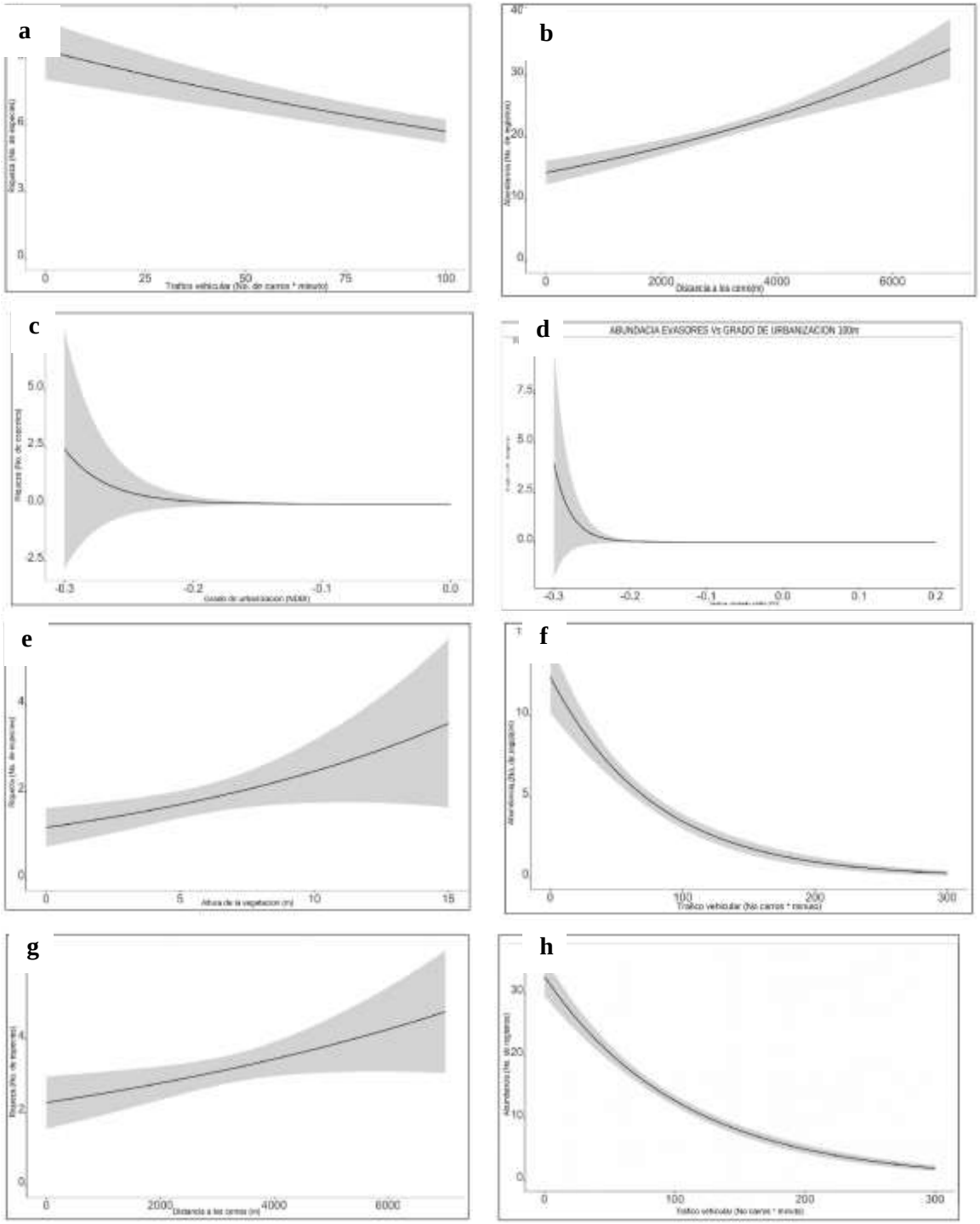
En este mismo sentido, la respuesta de los grupos de las aves de acuerdo a su dieta muestra que las aves frugívoras pueden verse afectadas negativamente en su riqueza y abundancia por el tráfico peatonal, tendencia que también se presentó en aves insectívoras en la medida que aumentaba el grado de urbanización (Figura 8k). Las aves granívoras y nectarívoras se vieron positivamente influenciadas en su abundancia por variables de sitio como la altura, así como la diversidad total y especifica de la vegetación nativa (Figuras 8n, p), así como las granívoras fueron además muestran relacionarse positivamente con el aumento de la urbanización (Tabla 4).

Tabla 4. Resultados del proceso de selección de modelos usando GLM (para riqueza) y GLMM (para abundancia) para cuantificar la influencia de los atributos a nivel de paisaje de sitio y de la matriz sobre las variables de respuesta a) riqueza y abundancia total, b) riqueza y abundancia por gremios de dieta y tolerancia a la urbanización en corredores ecológicos en la ciudad de Bogotá. (Índices de urbanización con un tamaño de buffer de 100 me y 500 m (d100, d500), distancia a los cerros (DisCerros), longitud, ancho). A nivel de sitio fueron: Altura de la vegetación (Altura), índice de diversidad de Simpson (SimGen), índice de diversidad especies vegetales nativas (SimNat) y a nivel de la matriz (Tráfico vehicular (CMax) y Tráfico peatonal (PMax).

	Variables	**Intercepto**	**Ancho**	**Longitud**	**DisCerros**	**Altura**	**SimGen**	**SimNat**	**d100**	**d500**	**PMax**	**CMax**
Riqueza	Total	1,6881	--------	--------	--------	0,0198	0,4552	0,1732	--------	--------	0,0007	-0,0049
	Adaptadoras	-1,577	0,1913	0,0357	0,2513	--------	--------	--------	--------	--------	0,0018	-0,0052
	Evasoras	5,1478	-1,4364	0,4006	-1,0750	--------	--------	--------	-37,7389	0,9231	--------	--------
	Utilizadoras	0,5843	--------	--------	--------	0,0737	-0,2464	0,7476	--------	--------	-0,0001	-0,0072
	Frugívoras	0,9655	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-0,0053
	Insectívoras	0,9969	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-6,4132	6,1629	-0,0053	-0,0101
	Granívoras	-0,4146	--------	--------	--------	0,1348	0,2728	0,0552	1,4575	3,7437	--------	--------
	Nectarívoras	-1,3340	--------	--------	--------	-0,0707	1,8001	1,0405	--------	--------	0,0061	-0,0084
Abund	Total	1,3613	0,1986	-0,0052	0,2467	--------	--------	--------	--------	--------	0,0022	-0,0083
	Evasoras	7,4841	-2,5496	-1,6954	--------	--------	--------	--------	-50,6226	41,4304	--------	--------
	Utilizadoras	3,6865	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	0,0064	-0,0095
	Adaptadoras	2,3371	0,1576	-0,2820	0,4034	--------	--------	--------	--------	--------	0,0013	-0,0102
	Frugívoras	-0,8920	0,4569	-0,1020	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-0,0023	-0,0079
	Insectívoras	1,4661	--------	--------	--------	--------	--------	--------	-11,2816	12,1433	-0,0074	-0,0085
	Granívoras	0,2250	--------	--------	--------	0,1612	0,4951	1,4405	4,5565	6,8035	--------	--------
	Nectarívoras	-1,2874	--------	--------	--------	0,0059	0,7064	2,5442	--------	--------	0,0115	-0,0111

------- la variable predictora no presentó ninguna influencia sobre la variable respuesta

RIQUEZA ABUNDANCIA



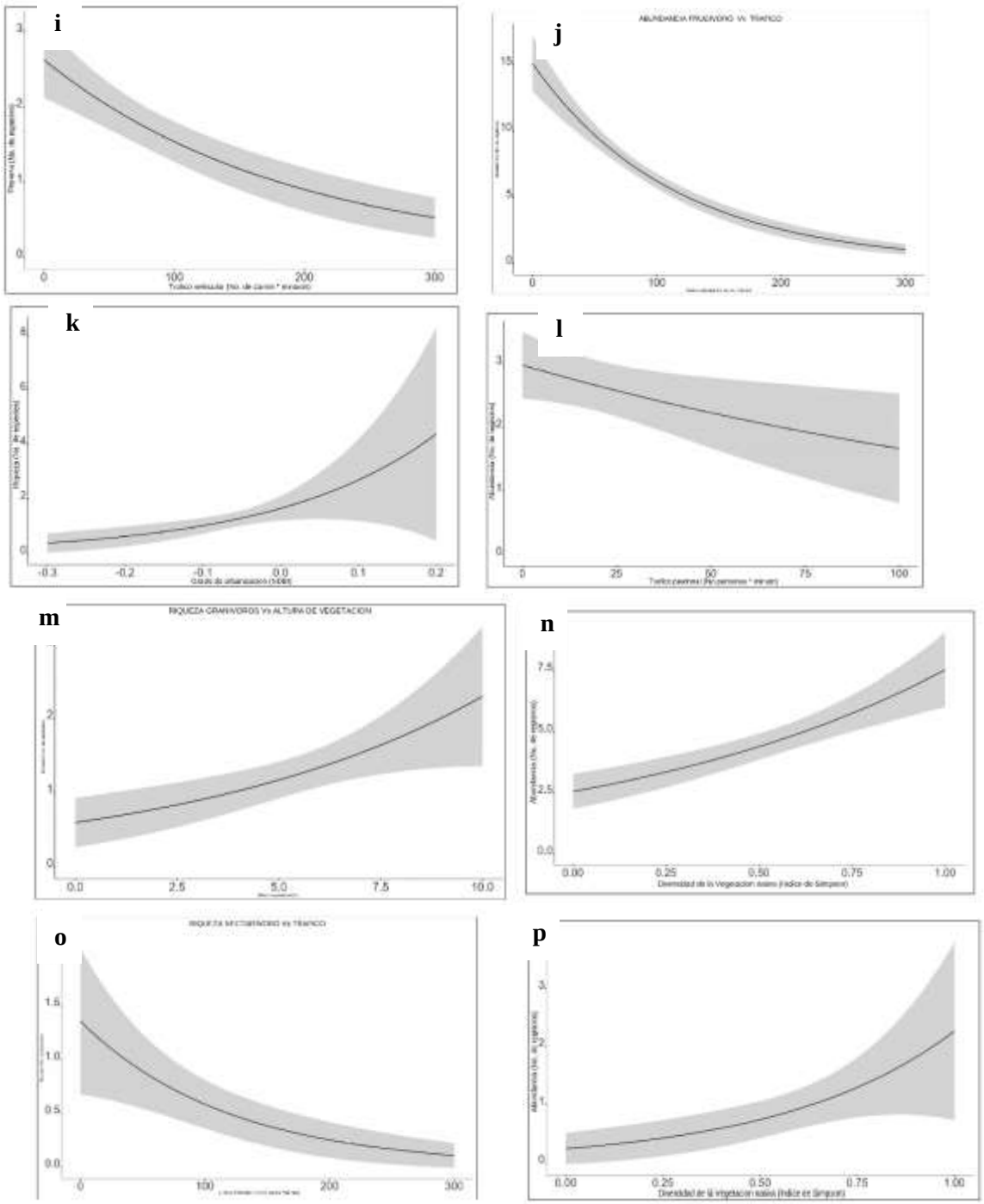


Figura 8. Efecto de las variables descriptoras sobre las variables de respuesta a) riqueza y abundancia total, b) riqueza y abundancia por gremios de dieta y tolerancia a la urbanización en corredores ecológicos en la ciudad de Bogotá.

Para las 12 especies focales seleccionadas se muestran los modelos que explicaron mejor la influencia de las variables predictoras sobre su abundancia de las especies (anexo 8).

Para aves evasoras urbanas como *A. igniventris y A. pallidinucha* los modelos seleccionados muestran que un incremento en la distancia a los cerros parece incidir negativamente en su abundancia (Tabla 5). En cuanto a las aves utilizadoras urbanas *V. olivaceus*, *C. americanus*, *M. leucophrys*, y *Diglossa cyanea*, el modelo arrojó que la variable que incidió negativamente en la abundancia de especies fue el tráfico vehicular (CMax), mientras que para la especie *D. Cyanea*, se observa que el grado de urbanización parece no afectar su abundancia debido a que es una especie que no fue solo registrada en el corredor de Borde sino también en corredor de ronda donde el gradiente de urbanización incrementa (Tabla 5).

Las aves adaptadoras urbanas *C. coruscans, Z. capensis, T. fuscater*, mostraron que el tráfico vehicular incidió negativamente en la abundancia de estas especies viéndose posiblemente favorecidas por la distancia a los Cerros y el tráfico peatonal. Por otra parte, una especie como *Z. auriculata* se vio diferencialmente favorecida por la distancia a los cerros y el índice de riqueza de Simpson general, finalmente para la especie *C livia*, fue de la única especie adaptadora urbana que la beneficio en su abundancia el aumento del índice de urbanización y la afectó negativamente la distancia a los cerros orientales debido a que es una especie explotadora, que se ha adaptado a las condiciones de la ciudad, fácilmente observadas en la matriz urbana (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados del proceso de selección de modelos usando GLMM para cuantificar la influencia de los atributos a nivel de paisaje de sitio y de la matriz sobre la variable abundancia de 12 especies focales presentes en corredores ecológicos en la ciudad de Bogotá.

Especie	Intercepto	Ancho	Longitud	DisCerros	Altura	Sim Gen	Sim Nat	d100	d500	PMax	CMax
Anisognathus igniventris	36,72084	-4,73026	--------	-6,44643	--------	-------	------	--------	--------	--------	--------
Atlapetes pallidinucha	83,91405	--------	-11,07228	-10,06780	--------	-------	------	--------	--------	--------	--------
Vireo olivaceus	6,12020	0,28314	-1,46095	0,68166	--------	-------	------	--------	--------	0,00438	-0,0315
Coccyzus americanus	21,70255	-1,24006	-2,15324	-0,24139	--------	-------	------	--------	--------	0,00572	-0,0313
Colibri coruscans	0,42849	-0,16453	-0,21072	0,38657	--------	-------	------	--------	--------	0,01584	-0,0160
Zonotrichia capensis	-2,97499	0,19912	-0,33271	0,80941	--------	-------	------	--------	--------	0,00479	-0,0136
Tyrannus melancholicus	-22,65662	0,01320	0,77852	--------	--------	-------	------	--------	--------	0,02682	-0,0051
Turdus fuscater	1,26230	0,37073	0,45973	--------	--------	-------	------	--------	--------	-0,0010	-0,0070
Mecocerculus leucophrys	22,97505	--------	-2,92677	-0,29504	--------	-------	------	--------	--------	--------	--------
Diglossa cyanea	-250,32300	182,52800	-49,94250	-13,14570	--------	--------	------	1923,79	733,74	--------	--------
Zenaida auriculata	-8,79625	-0,37680	-0,09451	0,45224	-1,297	0,4732	------	--------	--------	--------	--------
Culumba livia	20,913	1,380	-2,710	-0,411	--------	--------	------	21,001	17,570	--------	--------

------- la variable predictora no presentó ninguna influencia sobre la variable respuesta

En relación a las frecuencias de actividad registradas para las aves, se muestran los resultados de los modelos que explicaron mejor su relación con las variables de sitio, paisaje y matriz (Anexo 8). Las actividades de alimentación, canto, interacción y movimiento fueron las actividades que mostraron una significativa relación negativa con el tráfico vehicular, mientras que el tráfico peatonal no siguió una tendencia similar (Anexo 9). De igual forma, las actividades de reproducción, percha y alimentación se vieron relacionadas positivamente con las variables de sitio (altura y diversidad de la vegetación), así como la reproducción con la distancia a los cerros orientales de Bogotá (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados del proceso de selección de modelos usando GLMM para cuantificar la influencia de los atributos a nivel de paisaje de sitio y de la matriz sobre las variables frecuencia de actividad presentes en corredores ecológicos en la ciudad de Bogotá.

Actividades	Intercepto	Ancho	Longitud	DisCerros	Altura	SimGen	SimNat	d100	d500	PMax	CMax
Alimentación	1,790	--------	--------	--------	0,158	0,637	-1,049	-------	-------	0,004	-0,006
Canto	-3,830	0,163	0,481	0,129	--------	--------	--------	-------	-------	0,000	-0,011
Interacción	-3,715	0,071	0,158	0,320	--------	--------	--------	-------	-------	0,011	-0,010
Movimiento	-2,714	0,136	--------	--------	--------	--------	--------	-------	-------	0,004	-0,004
Percha	-0,147	--------	--------	--------	-0,114	1,346	3,365	0,828	8,128	--------	--------
Reproducción	-6,825	0,826	-0,380	0,599	0,057	2,466	-0,721	-------	-------	--------	--------

------- la variable predictora no presentó ninguna influencia sobre la variable respuesta

5. Anexos

Anexo 1. Especies focales testigo seleccionadas.

Especie	Borde	Ronda	Vial	Control
Anisognathus igniventris	X			
Atlapetes pallidinucha	X			
Coccyzus americanus		X		
Colibri coruscans		X	X	
Columba livia		X	X	X
Diglossa cyanea	X	X		
Mecocerculus leucophrys	X	X	X	
Molothrus bonariensis		X	X	X
Turdus fuscater	X	X	X	X
Tyrannus melancholicus		X	X	
Tyrannus tyrannus			X	
Vireo olivaceus		X		
Zenaida auriculata		X	X	X
Zonotrichia capensis		X	X	X

Anexo 2. 27 modelos identificados con diferentes combinaciones (incluido un modelo nulo), para el análisis de la influencia de las variables predictorias sobre sobre las variables respuestas mediante los GLMM.

Hipótesis	mod	Combinación variables					
Paisaje	1	Ancho					
	2	Longitud					
	3	DisCerros					
	4	Ancho	Longitud				
	5	Ancho	DisCerros				
	6	Longitud	DisCerros				
	7	Ancho	Longitud	DisCerros			
Sitio	8	Altura					
	9	SimGen					
	10	SimNat					
	11	Altura	SimGen				
	12	Altura	SimNat				
	13	SimGen	SimNat				
	14	Altura	SimGen	SimNat			
Matriz urbanización	15	d100					
	16	d500					
	17	d100	d500				

Matriz perturbación	18	PMax					
	19	CMax					
	20	PMax	CMax				
Paisaje y sitio	21	Ancho	Longitud	DisCerros	Altura	SimGen	SimNat
Paisaje y urbanización	22	Ancho	Longitud	DisCerros	d100	d500	
Paisaje y perturbación	23	Ancho	Longitud	DisCerros	PMax	CMax	
Sitio y urbanización	24	Altura	SimGen	SimNat	d100	d500	
Sitio y perturbación	25	Altura	SimGen	SimNat	PMax	CMax	
Urbanización y perturbación	26	d100	d500	PMax	CMax		
Nulo	27	1					

Anexo 3. Especies de aves registradas en cada corredor ecológico evaluado. C.URB: Categoría de urbanización (A:Avoiders, U:Utilizer, D: Dweller. DIETA: N: Nectarívoro, F: Frugívoro, I: Insectívoro, CA: Carnívoro, G: Granívoro, O: Omnívoro. ESTATUS DE RESIDENCIA: MB: Migratoria boreal, CE: Casi endémico, E: Endémico.

No	ESPECIE DE AVE	ORDEN	FAMILIA	C.URB	DIETA	E.RESIDENCIA	BORDE	RONDA	VIAL	CONTROL
1	*Aglaeactis cupripennis*	Apodiformes	Trochilidae	A	N	Residente	X			
2	*Anisognathus igniventris*	Passeriformes	Thraupidae	A	F	Residente	X			
3	*Atlapetes pallidinucha*	Passeriformes	Emberizidae	A	F	Residente	X			
4	*Bubulcus ibis*	Pelecaniformes	Ardeidae	U	I	Residente		X		
5	*Buteo platypterus*	Accipitriformes	Accipitridae	U	CA	Residente		X		
6	*Cacicus leucoramphus*	Passeriformes	Icteridae	A	F	Residente	X			
7	*Calliphlox amethystina*	Apodiformes	Trochilidae	A	N	Residente	X			
8	*Cardellina canadensis*	Passeriformes	Parulidae	U	I	MB	X	X		
9	*Catamblyrhynchus diadema*	Passeriformes	Thraupidae	A	I	Residente	X			
10	*Catharus ustulatus*	Passeriformes	Turdidae	U	F	MB		X		
11	*Chaetocercus mulsant*	Apodiformes	Trochilidae	U	N	Residente	X			
12	*Chordeiles minor*	Caprimulgiformes	Crapimulgidae	U	I	MB		X		
13	*Cinnycerthia unirufa*	Passeriformes	Troglodytidae	A	I	Residente	X			
14	*Coccyzus americanus*	Cuculiformes	Cuculidae	U	I	Residente		X		
15	*Colibri coruscans*	Apodiformes	Trochilidae	D	N	Residente		X	X	
16	*Colaptes rivolii*	Piciformes	Picidae	A	I	Residente	X			
17	*Colibri cyanotus*	Apodiformes	Trochilidae	D	N	Residente	X			
18	*Conirostrum rufum*	Passeriformes	Thraupidae	A	I	CE	X			
19	*Contopus cooperi*	Passeriformes	Tyrannidae	U	I	MB		X		
20	*Contopus sordidulus*	Passeriformes	Tyrannidae	U	I	MB			X	
21	*Contopus virens*	Passeriformes	Tyrannidae	U	I	MB	X	X	X	
22	*Columba livia*	Columbiformes	Columbidae	D	G	Residente		X	X	X
23	*Diglossa albilatera*	Passeriformes	Thraupidae	D	N	Residente	X	X	X	

24	*Diglossa cyanea*	Passeriformes	Thraupidae	U	N	Residente	X	X		
25	*Diglossa humeralis*	Passeriformes	Thraupidae	D	N	Residente	X	X		
26	*Diglossa lafresnayii*	Passeriformes	Thraupidae	D	N	Residente	X	X		
27	*Diglossa sittoides*	Passeriformes	Thraupidae	U	N	Residente	X	X		
28	*Elaenia frantzii*	Passeriformes	Tyrannidae	U	I	Residente		X		
29	*Elanus leucurus*	Accipitriformes	Accipitridae	D	CA	Residente		X		
30	*Empidonax alnorum*	Passeriformes	Tyrannidae	U	I	MB		X		
31	*Empidonax sp*	Passeriformes	Tyrannidae	U	I	MB	X			
32	*Geothlypis philadelphia*	Passeriformes	Parulidae	U	I	MB	X			
33	*Grallaria ruficapilla*	Passeriformes	Grallariidae	A	I	Residente	X			
34	*Heliangelus amethysticollis*	Apodiformes	Trochilidae	A	N	Residente	X			
35	*Henicorhina leucophrys*	Passeriformes	Troglodytidae	A	I	Residente	X			
36	*Leiothlypis peregrina*	Passeriformes	Parulidae	U	I	MB		X		
37	*Icterus chrysater*	Passeriformes	Icteridae	U	F	Residente	X	X	X	
38	*Icterus icterus*	Passeriformes	Icteridae	U	F	Residente			X	
39	*Lepidocolaptes lacrymiger*	Passeriformes	Furnariidae	A	I	Residente	X			
40	*Lesbia nuna*	Apodiformes	Trochilidae	U	N	Residente	X			
41	*Lesbia victoriae*	Apodiformes	Trochilidae	A	N	Residente		X		
42	*Mecocerculus leucophrys*	Passeriformes	Tyrannidae	U	I	Residente	X	X	X	
43	*Melanerpes rubricapillus*	Piciformes	Picidae	A	I	Residente	X			
44	*Metallura tyrianthina*	Apodiformes	Trochilidae	A	N	Residente	X			
45	*Mimus gilvus*	Passeriformes	Mimidae	D	I	Residente		X	X	
46	*Mniotilta varia*	Passeriformes	Parulidae	U	I	MB	X			
47	*Molothrus bonariensis*	Passeriformes	Icteridae	U	O	Residente		X	X	X
48	*Myioborus ornatus*	Passeriformes	Parulidae	A	I	CE	X			
49	*Myiodynastes luteiventris*	Passeriformes	Tyrannidae	U	I	MB		X		
50	*Myiotheretes striaticollis*	Passeriformes	Tyrannidae	A	I	Residente	X			
51	*Myiothlypis nigrocristata*	Passeriformes	Parulidae	A	I	Residente	X			

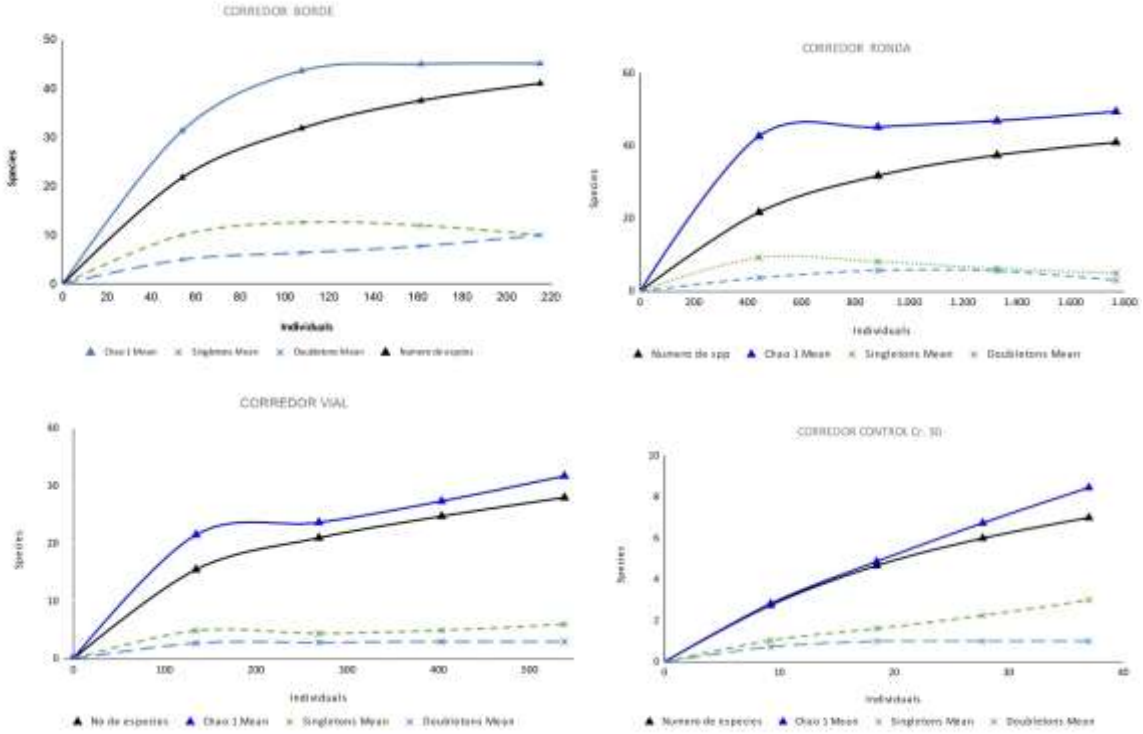
52	*Orochelidon murina*	Passeriformes	Hirundinidae	D	I	Residente		X	X	
53	*Penelope montagnii*	Galliformes	Cracidae	A	F	Residente	X			
54	*Phalacrocorax brasilianus*	Suliformes	Phalacrocoracidae	A	CA	Residente			X	
55	*Phimosus infuscatus*	Pelecaniformes	Threskiornithidae	A	I	Residente		X		
56	*Pheucticus aureoventris*	Passeriformes	Cardinalidae	A	F	Residente	X			
57	*Piranga olivacea*	Passeriformes	Cardinalidae	U	F	MB		X	X	
58	*Piranga rubra*	Passeriformes	Cardinalidae	U	F	MB		X	X	
59	*Rupornis magnirostris*	Accipitriformes	Accipitridae	U	CA	Residente		X		X
60	*Sayornis nigricans*	Passeriformes	Tyrannidae	U	I	Residente		X		
61	*Setophaga castanea*	Passeriformes	Parulidae	U	I	MB			X	
62	*Setophaga fusca*	Passeriformes	Parulidae	U	I	MB	X	X	X	
63	*Setophaga petechia*	Passeriformes	Parulidae	U	I	MB	X	X		
64	*Setophaga ruticilla*	Passeriformes	Parulidae	U	I	MB	X	X		
65	*Sicalis flaveola*	Passeriformes	Thraupidae	D	G	Residente		X		
66	*Spinus psaltria*	Passeriformes	Fringillidae	D	G	Residente		X	X	
67	*Synallaxis subpudica*	Passeriformes	Furnariidae	A	I	E	X			
68	*Systellura longirostris*	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	U	I	Residente		X		
69	*Tangara vassorii*	Passeriformes	Thraupidae	A	F	Residente	X			
70	*Thraupis episcopus*	Passeriformes	Thraupidae	U	F	Residente		X	X	
71	*Thraupis palmarum*	Passeriformes	Thraupidae	U	F	Residente		X	X	
72	*Tringa solitaria*	Charadriiformes	Scolopacidae	A	I	MB		X		
73	*Troglodytes aedon*	Passeriformes	Troglodytidae	D	I	Residente		X	X	
74	*Turdus fuscater*	Passeriformes	Turdidae	D	F	Residente	X	X	X	X
75	*Tyrannus melancholicus*	Passeriformes	Tyrannidae	D	I	Residente		X	X	
76	*Tyrannus tyrannus*	Passeriformes	Tyrannidae	U	I	MB			X	
77	*Vanellus chilensis*	Charadriiformes	Charadriidae	U	I	Residente				X
78	*Vireo olivaceus*	Passeriformes	Vireonidae	U	I	MB		X		
79	*Zenaida auriculata*	Columbiformes	Columbidae	D	G	Residente		X	X	X

80	*Zonotrichia capensis*	Passeriformes	Emberizidae	D	G	Residente		X	X	X

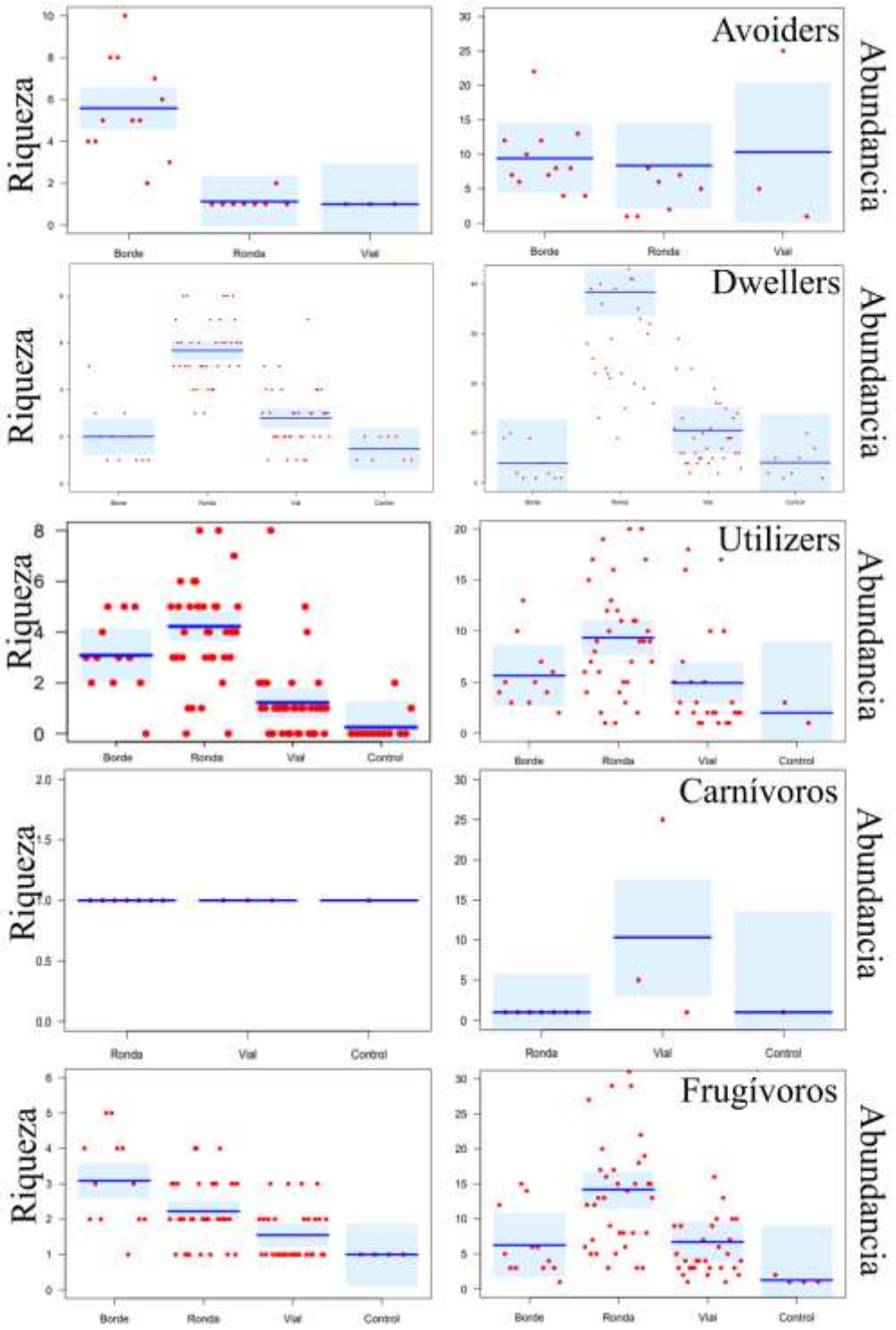
Anexo 4. Estimador de riqueza Chao 1 e intervalos de confianza de la curva de acumulación de especies en corredores ecológicos evaluados en la ciudad de Bogotá. ICI: Intervalo de confianza inferior, ICS: Intervalo de confianza superior.

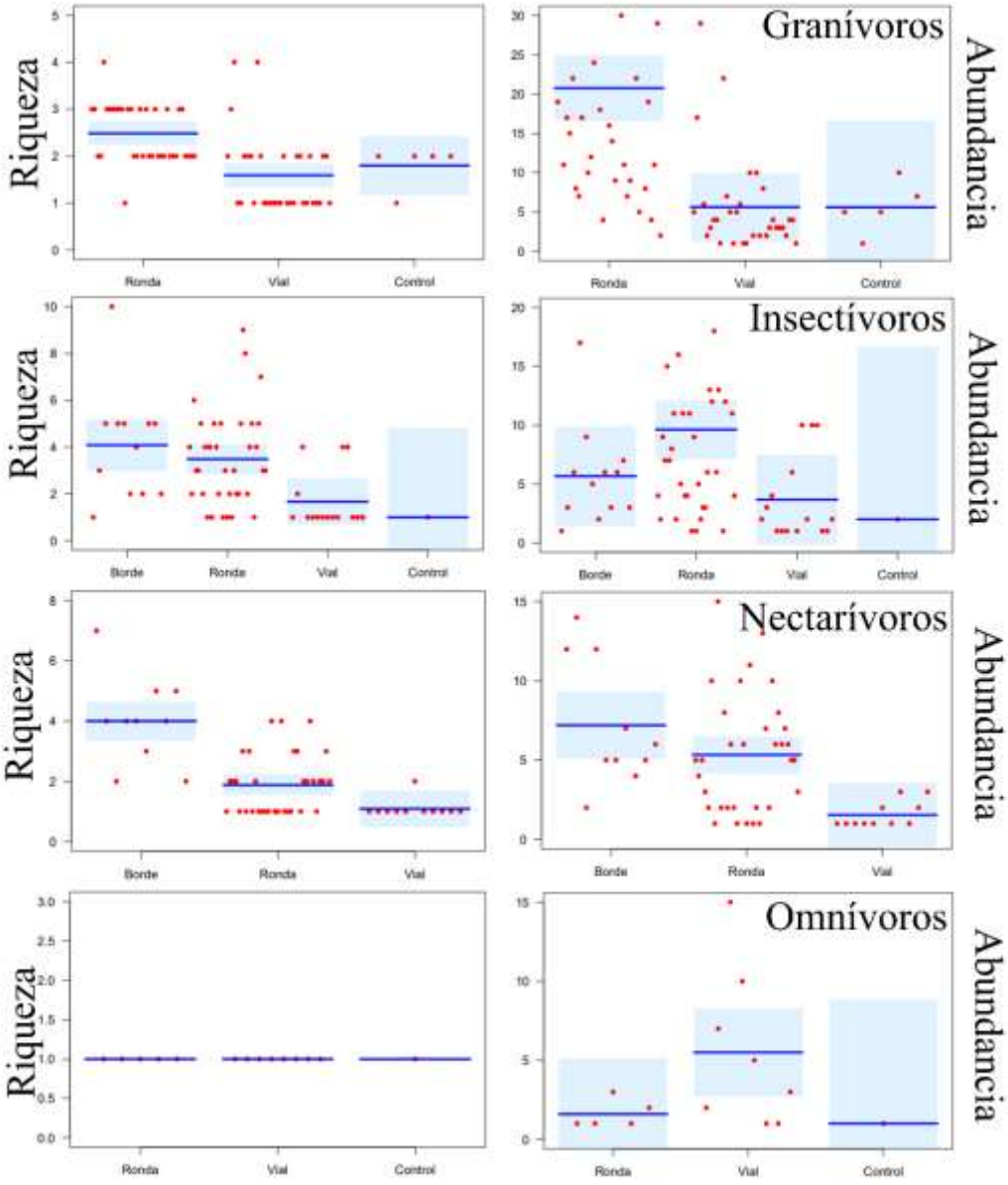
Tipo Corredor	**Observado**	**ICI 95%**	**ICS 95%**	**Chao 1**
General	51.75	45.03	58.47	72.85
	66.67	60.04	73.29	83.59
	74.5	68.1	80.9	88 .31
	80	73.45	86.55	96 .99
Borde	21.75	17.81	25.69	31.33
	31.83	27.54	36.13	43.58
	37.5	33.24	41.76	44.98
	41	36.63	45.37	45.07
Ronda	32	27.37	36.63	42.71
	40.33	36.23	44.44	45.24
	44.5	40.78	48.22	46.97
	47	43.35	50.65	49.5
Vial	15.5	10.51	20.49	21.53
	21	15.33	26.67	23.67
	24.75	18.6	30.9	27.37
	28	21.2	34.8	31.74
Control	2.75	1.29	4.21	2.82
	4.67	2.51	6.82	4.87
	6	3.48	8.52	6.74
	7	4.16	9.84	8.46

Anexo 5. Curvas de acumulación de especies por tipo de corredor (Borde, ronda, vial y control) en la ciudad de Bogotá.



Anexo 6. Riqueza y abundancia de especies de acuerdo a la tolerancia a la urbanización (Evasores, adaptadores y utilizados urbanos) y su dieta (nectarívoros, frugívoros, granívoros e insectívoros).




Riqueza
Abundancia
Granívoros
Insectívoros
Nectarívoros
Omnívoros
Borde
Ronda
Vial
Control

Anexo 7. Resultados GLMMs para variables de respuesta a) riqueza y abundancia total, b) riqueza y abundancia por gremios de dieta y tolerancia a la urbanización. El intercepto promedio estimado, así como los coeficientes promedio se calcularon con base en los modelos más parsimoniosos seleccionados (.AICc < 2).

	Gremio	**Intercepto**	**AIC**	**delta**	**weight**	**Modelo**
Riqueza	Total	1.688	448.708	0.000	0.830	25
		2.387	449.886	3.178	0.170	19
	Adaptadoras	-1.577	350.391	0.000	0.604	23
		0.092	351.233	0.842	0.396	24
	Evasoras	5.148	117.215	0.000	0.925	22
		-3.971	122.249	5.034	0.075	26
	Utilizadoras	0.584	333.346	0.000	0.760	25
		1.459	335.648	2.302	0.240	19
	Frugívoras	0.965	271.477	0.000	0.437	19
		1.094	272.034	0.558	0.331	20
		0.149	272.747	1.270	0.232	25
	Insectívoras	0.997	299.575	0.000	0.839	26
		1.397	302.863	3.309	0.161	19
	Granívoras	-0.415	251.747	0.000	0.654	24
		-0.586	253.018	1.272	0.346	23
	Nectarívoras	-1.334	223.173	0.000	0.369	25
		-4.718	223.479	0.306	0.317	23
		0.252	223.500	0.327	0.314	26
Abundancia	Total	1.361	1229.248	0.000	1.000	23
	Evasoras	7.484	173.088	0.000	1.000	22
	Utilizadoras	3.686	1273.138	0.000	1.000	23
	Adaptadoras	2.337	1044.372	0.000	1.000	23
	Frugívoras	-0.892	700.152	0.000	1.000	23
	Insectívoras	1.466	508.005	0.000	1.000	26
	Granívoras	0.225	670.499	0.000	1.000	24
	Nectarívoras	-1.287	351.112	0.000	1.000	25

Anexo 8. Resultados GLMMs para variables de respuesta abundancia de 12 especies focales registradas en corredores ecológicos en la ciudad de Bogotá. El intercepto promedio estimado, así como los coeficientes promedio se calcularon con base en los modelos más parsimoniosos seleccionados (.AICc < 2).

ESPECIE	**Intercepto**	**AICc**	**delta**	**weight**	**Modelo**
Anisognathus igniventris	36.721	49.969	0.000	0.430	5
	-51.631	50.778	0.800	0.287	10
	0.587	50.812	0.840	0.282	3
Atlapetes pallidinucha	83.914	40.960	0.000	0.753	5
	56.523	43.187	2.227	0.247	7
Vireo olivaceus	6.120	147.141	0.000	1.000	23
Coccyzus americanus	21.703	56.319	0.000	0.648	23
Colibri coruscans	0.428	247.369	0.000	1.000	23
Zonotrichia capensis	-2.975	287.985	0.000	1.000	23
Tyrannus melancholicus	-22.657	113.603	0.000	0.872	26
	-29.635	118.754	5.151	0.066	6
	-29.580	118.890	5.288	0.062	2
Turdus fuscater	1.262	829.053	0.000	1.000	23
Mecocerculus leucophrys	22.975	102.335	0.000	0.474	6
	16.984	103.036	0.700	0.334	4
	17.535	104.153	1.818	0.191	23
Diglossa cyanea	-250.323	62.535	0.000	0.767	22
	-541.725	64.918	2.382	0.233	21
Zenaida auriculata	-8.796	683.877	0.000	0.810	21
Columba livia	20.91	554.079	0	1	22

Anexo 9. Resultados GLMMs para variables de respuesta (frecuencia de actividad) registradas para la avifauna en corredores ecológicos en la ciudad de Bogotá. El intercepto promedio estimado, así como los coeficientes promedio se calcularon con base en los modelos más parsimoniosos seleccionados (AICc < 2).

Actividad	Intercepto	AICc	delta	weight	Modelo
Alimentación	1.790	847.249	0.000	0.518	25
	3.232	847.392	0.143	0.482	23
Canto	-3.830	367.070	0.000	0.886	23
	0.815	372.492	5.422	0.059	25
	1.457	372.624	5.553	0.055	19
Interacción	-3.715	241.336	0.000	0.841	23
	-3.601	244.669	3.333	0.159	24
Movimiento	-2.714	570.211	0.000	1.000	23
Percha	-0.147	710.008	0.000	1.000	24
Reproducción	-6.825	211.479	0.000	0.293	21
	-6.460	212.029	0.550	0.223	23
	-4.276	212.106	0.627	0.214	25
	-4.878	212.958	1.480	0.140	7
	-9.595	213.111	1.633	0.130	5

4. Discusión

Este estudio permitió identificar en primer lugar el papel que pueden estar jugando distintos tipos de elementos verdes lineales urbanos en la diversidad y distribución de la avifauna de la ciudad de Bogotá. Se destaca la mayor riqueza y abundancia que aportan los denominados corredores ecológicos de borde y ronda, especialmente por el mantenimiento de un gran número de especies consideradas evasoras y adaptables, así como aquellas con dietas frugívoras, nectarívoras e insectívoras, todas ellas también con los registros más elevados de abundancia en estos corredores. Por el contrario, corredores ecológicos viales así como en aquellos en los que no se encuentra vegetación arbórea (control), mostraron mantener una riqueza significativamente inferior, principalmente de especies explotadoras del medio urbano y con dietas granívoras, aunque con una mayor abundancia para estos grupos en los corredores de ronda. Sin embargo, se observó una disimilitud mayor a la registrada en los patrones de riqueza y abundancia en cuanto se analiza la composición de los ensambles de cada tipo de corredor. Tendencia que muestra estar relacionada por la diferencia en las especies evasoras y adaptables encontradas en cada tipo de corredor, así como en aquellas con dietas frugívoras, nectarívoras e insectívoras. A pesar de estas

diferencias, se encontró una baja complementariedad entre corredores, dado el bajo número de especies exclusivas registradas en algunos corredores de ronda, así como en los corredores viales y el control. Resultados que muestran estar relacionados con el uso y selección que diferentes especies de aves hacen del hábitat que les ofrecen estos diferentes tipos de corredores. Al respecto, se resaltan las respuestas contrastantes encontradas en las especies evaluadas, desde aquellas que muestran una presencia exclusiva o la selección de corredores especialmente de borde y ronda, hasta aquellas que parecen solo usar ocasionalmente corredores viales y o el control.

En segundo lugar, los resultados de esta investigación aportan evidencias sobre la importancia que pueden tener algunas variables que describen las condiciones de estos corredores a escala local o de la matriz urbana en que se encuentran inmersos. Al respecto, se halló que el principal factor que parece estar condicionando tanto la presencia como la selección de los corredores por la avifauna, es el tráfico vehicular, el cual incidió negativamente sobre la riqueza y abundancia de los ensambles, como sobre la mayoría de especies analizadas. Caso contrario al de aquellas variables que pueden describir la calidad del hábitat en los corredores como la diversidad o la altura de su vegetación, las cuales parecen estar influyendo de manera positiva en la riqueza y abundancia de la comunidad, especialmente de las especies con mayor sensibilidad a la urbanización. En el caso de las especies específicas, se encontraron nuevamente respuestas altamente contrastantes, pero principalmente relacionadas con su relación con el ancho y largo del corredor, así como con su distancia a los cerros orientales de la ciudad. En cuanto a las actividades, se encontró la misma tendencia registrada para la riqueza y abundancia de especies, que la variable que incide negativamente en la mayoría de actividades registradas (alimentación, canto, interacción y movimiento) fue el tráfico vehicular. La alimentación y la reproducción por otra parte se vieron positivamente influenciadas por la altura y la diversidad de especies vegetales.

Diversidad y distribución de especies

Este estudio hace evidente que los corredores ecológicos presentes en el caso de la ciudad de Bogotá, pueden llegar a albergar alrededor del 34% de la avifauna reportada para la sabana de Bogotá, es decir, estos elementos lineales de la infraestructura verde de la ciudad mantienen alrededor de la tercera parte de las aves de la ciudad (ABO 2000).
La presencia de éstas especies muestra el aporte positivo de estos espacios en la diversidad y distribución de especies en la ciudad, resaltando su importancia en el mantenimiento y conservación de la avifauna urbana. Desde la mirada de un enfoque diferencial no solo desde el número de especies observadas sino desde la composición de especies que están ocupando cada elemento lineal en la ciudad, se puede inferir por ejemplo, que el corredor de borde, es el principal receptor de especies de aves categorizadas como “Evasores urbanos”, siendo aquellas especies con una alta sensibilidad a los cambios producidos por la urbanización y caracterizadas por tener requerimientos ecológicos específicos para sobrevivir, tales como el corredor de borde evaluado, que presenta vegetación nativa conservada con amplia oferta de hábitat y alimentación, registrándose allí especies endémicas y casi endémicas del altiplano cundiboyacense (Fischer, Schneider, Ahlers, & Miller, 2015). Por su parte los corredores de ronda, son receptoras de aves de dos grupos clasificados por su tolerancia a la urbanización,“como utilizadores y adaptadores urbanos”,

por eso se explica a su vez los mayores registros en abundancia y riqueza de especies en éste tipo de corredor. Caso contrario y de manera diferencial como se registró en corredor de Borde, los corredores viales son receptores de especies de aves clasificadas como adaptadoras urbanas las cuales aprovechan y explotan los recursos brindados en los ambientes urbanos.

Estos resultados pueden estar señalando el aumento de la urbanización, con el aumento de la densidad de algunas especies de aves y una disminución en su riqueza (Chace & Walsh, 2006; Clavijo, 2017; Mckinney, 2006; Pardo, 2018), a través de una tendencia así mismo manifestada en este estudio de la dominancia de unas pocas especies generalistas como es el caso de la paloma *Columba livia*, la torcaza *Zenaida aurícula*, el chamón *Molothrus bonariensi*s y la mirla patinaranja *Turdus fuscater* encontradas en gran abundancia, tanto en corredores de ronda como en viales, así mismo presentes en el corredor control.

Por lo tanto aunque estos espacios verdes pueden mantener y conservar la riqueza de aves en la ciudad, podrían a su vez estar fomentando la dominancia de unas pocas especies generalistas, altamente territoriales como especies adaptadoras urbanas. Esta tendencia observada en otros estudios, puede verse influenciado por características propias de los elementos lineales o de la matriz circundante en la que se encuentran embebidos, que podría influir no solo en la riqueza de especies, es decir en el tipo de especies que están ocupando los diferentes tipos de corredores sino también influyendo en el uso y la selección activa que hace cada especie de cada tipo de corredor (Chace & Walsh, 2006; Fernández-Juricic, 2009).

Así mismo como se observó una disimilitud mayor a la registrada en los patrones de riqueza y abundancia, cuando se analiza la composición de los ensambles en cada tipo de corredor, cuya tendencia se muestra estar relacionada por la diferencia en las especies evasoras y adaptadoras encontradas en cada tipo de corredor, los gremios de dieta mostraron ensambles de aves diferentes a los encontrados en los otros tipos de corredores para especies de aves frugívoras, insectívoras y nectarívoras, en el que al estar presente en mayor proporción vegetación nativa y heterogénea, con una mayor oferta de alimentación, influyó positivamente la riqueza de especies nectarívoras propias del borde del bosque, como es el caso de la quebrada la vieja (Andrade, 2018). La misma tendencia se observó para las aves insectívoras, en donde la oferta de aves insectívoras se ha registrado que es mucho mayor en especies vegetales nativas que en especies exóticas. Estudios realizados en la ciudad de Los Ángeles, California evidenciaron relación entre la densidad de la alimentación de las aves y la densidad y altura de la vegetación en calles arboladas (Wood, E. M, 2020). En la alimentación por ejemplo, la importancia de las presas de insectos para alimentar a las aves se está haciendo evidente en los ecosistemas urbanos ya que las especies de árboles locales o nativos que han sido plantadas en la matriz urbana han sugerido que pueden albergar niveles más altos de presas de invertebrados disponibles para las aves, que las especies vegetales exóticas (Bhullar, 2000; Dyson, 2020). De hecho, las plantas exóticas al tener una pobre oferta de insectos que son recursos alimentarios críticos para consumidores de orden superior como las aves, ha obligado algunas especies a cambiar de dieta a presas menos preferidas, afectando la reproducción al producir menos crías o renunciar a la reproducción en áreas con especies exóticas en su totalidad, disminuyendo de ésta manera el éxito reproductivo y por ende el crecimiento de la población (Narango, Tallamy, & Marra, 2018).

De manera diferente, encontrado en los granívoros que se ven beneficiados con el aumento de la urbanización, estando ausentes en corredor de borde y en un ensamblaje similar de

aves en los demás tipos de corredores incluyendo el corredor control.

Este patrón comunitario encontrado en los corredores ecológicos evaluados explica la diferenciación en las comunidades presentes en cada tipo de corredor, al encontrar que el corredor de borde quebrada la vieja muestra estar anidando los demás tipos de corredores, con el aporte de nuevas especies, siendo los corredores de ronda los que tienen una mayor complementariedad al ser áreas con mayor riqueza de especies que los corredores viales y el control cuyo patrón comunitario, puede ser explicado por una alta dominancia de algunas pocas especies en corredores viales y corredores control lo que disminuye la probabilidad de encontrar un aporte de nuevas especies en estos corredores, al ser por consiguiente sitios menos diversos representando un subconjunto de especies de sitios con mayor diversidad como es el caso de los corredores de ronda (Almeida, 2008).

Esta baja complementariedad y alto anidamiento entre tipos de corredores, es posiblemente dada por factores a escala de sitio, del paisaje o de la matriz urbana en las que se encuentran embebidos los tipos de corredores que para algunos autores tienen que ver con la distancia, área de los fragmentos y diferencias a la tolerancia a la urbanización y el disturbio urbano (Worthen et al. 1998; Ulrich 2009; González-Oreja et al. 2012).
Estos resultados evidencian la importancia de los corredores ecológicos de manera diferencial en el mantenimiento de la diversidad de aves en las ciudades, especialmente en corredores de borde y ronda, el cual mantiene comunidades de aves más diversas, permitiendo así mismo el flujo de servicios ambientales, por el contrario corredores viales que están aportando a la homogenización biótica con la predominancia de unas pocas especies generalistas y explotadoras del medio urbano. Resultados importantes para la planificación urbana de las áreas verdes de las ciudades, en las que se debe priorizar a los corredores viales en el enriquecimiento vegetal de especies, manteniendo la conectividad estructural entre diferentes áreas verdes o elementos del paisaje, lo que se ha venido priorizando a escala global, impulsando sistemas de mantenimiento de la biodiversidad a través de nodos y corredores, que busquen tanto la persistencia de poblaciones de fauna y flora nativa, como asegurar un mayor flujo y conectividad entre los diferentes elementos del paisaje como estrategia de conservación que facilite el flujo de procesos ecológicos en paisajes fragmentados por acción antrópica como es el caso de las ciudades.

Uso y selección de hábitat
A nivel comunitario se presentó que existe una alto anidamiento y una baja complementariedad, pero al seleccionar especies exclusivas por tipo de corredor o que se encuentren en dos tipos de corredores podemos inferir que pueden haber indicios de aporte entre tipos de corredor y complementariedad, por la oferta de hábitat o recursos propios del corredor que uso o seleccionó con base a las frecuencias de diferentes actividades registradas para las especies o por la presencia de algunas características propias de cada corredor para que estén presentes estas especies.
Para el caso por ejemplo de aves evasoras urbanas como *Anisognathus igniventris* y *Atlapetes pallidinucha* que seleccionaron exclusivamente el corredor de borde para actividades de alimentación, movimiento y percha, su presencia se ve afectada negativamente al aumentar la distancia a los cerros orientales de Bogotá, lo que se puede inferir que requieren de las condiciones y oferta de hábitat que las coberturas vegetales propias de éste corredor de borde les ofrece para su supervivencia (Andrade, 2018;

Chaparro, Sergio & Camargo, 2017; Pardo, 2018).
Por otra parte, *Coccyzus americanus* y *Vireo olivaceus* registrados únicamente en los corredores de ronda, alimentándose y en movimiento dentro del corredor se observó que se ven afectados por el tráfico vehicular pero el tráfico peatonal no tuvo ninguna incidencia en su presencia.

Estos solo algunos ejemplos en el que se puede diferencialmente por especie conocer qué factores inciden en su presencia y el aporte que está brindando cada corredor en el mantenimiento de las especies en los corredores. En el caso del corredor de ronda, en donde se obtuvo que las especies migratorias seleccionaron este tipo de corredor para alimentación y movimiento se pueden inferir que estos corredores son elementos de conectividad que mostraron ser áreas de paso para estas especies, claves en el proceso de migración.
Por otra parte, así como se observaron especies focales que usaron y seleccionaron un solo tipo de corredor, también se registraron especies generalistas que usaron 2 o más tipos de corredores, sin embargo seleccionaron el corredor de ronda para realizar diversas actividades, como es el caso de *Z. auriculata* y *C. livia,* especies adaptadoras urbanas y granívoras. La misma tendencia se registró para *T.fuscater* quien usó todos los corredores, pero seleccionó el corredor de ronda, para actividades de percha, alimentación, acicalamiento y movimiento principalmente.
Por lo que se evidencia que los corredores de ronda no solo mantienen aves utilizadoras y evasoras urbanas sino que está promoviendo el uso para especies adaptadoras urbanas que están explotando los recursos que estos corredores ofrecen, como es el caso de *Z. auriculata,* que se ve beneficiada por la diversidad de la vegetación pero es indiferente a la vegetación nativa por lo que ésta especie usa tanto especies nativas como exóticas.

En los resultados de éste estudio la diversidad y altura de la vegetación jugaron un papel clave en la riqueza y abundancia de especies, como lo han mostrado otros autores (De Castro Pena et al., 2017; Fernández-Juricic, 2009) sin embargo para las especies focales les fue indiferente, siendo las variables de paisaje y perturbación antrópica las que incidieron en las frecuencias de actividad registradas.
Estos resultados son importantes en la funcionalidad de los corredores ecológicos de la EEP de Bogotá, ya que nos indican o sugieren algunas características propias de los corredores que pueden estar favoreciendo la presencia de determinadas especies y si estas áreas están promoviendo una complementación o suplementación de recursos, claves para la supervivencia de las especies que es probable que lo hayan encontrado en los corredores de ronda (Colding, 2007).

Influencia de variables a escala del paisaje, sitio y matriz

Múltiples estudios han resaltado la importancia que atributos del paisaje (tamaño, distancia a otras áreas verdes), hábitat (composición y estructura de la vegetación) y perturbación antrópica (ruido, tráfico vehicular) tienen en los patrones de riqueza y abundancia que se encuentran en diferentes tipos de áreas verdes urbanas (Lancaster and Rees 1979; Blair 1996; Clergeau et al. 1998; Chamberlain et al. 2007; McKinney 2008; Carbó-Ramírez and Zuria 2011; González-oreja et al. 2012; Strohbach et al. 2013).
Para el caso de los corredores ecológicos, la variable de perturbación urbana analizada en

este estudio, que tuvo una incidencia significativa sobre la composición de especies fue el tráfico vehicular, lo cual corrobora otros estudios realizados a nivel global que demuestra la importancia de ésta variable en los patrones de riqueza y abundancia de especies en entornos urbanos (Carbó-Ramírez and Zuria 2011; Lerman and Warren 2011; González-Oreja et al. 2012; Nielsen et al. 2014). Estos estudios han evaluado la influencia de variables como ruido, la incidencia de peatones y tráfico vehicular en la reducción de la diversidad en áreas urbanas, lo que ha mostrado que el ruido tiene efectos negativos en la comunicación de las especies para el apareamiento y puede inducir a altos niveles de estrés, disminuyendo la reproducción de especies cercanas a caminos y autopistas (Fernández-Juricic, 2009). Esta variable influyó negativamente la riqueza y la abundancia general de las especies y la categorías de gremios por tolerancia a la urbanización así como para la dieta, menos en aves evasoras debido a que durante el monitoreo no se registró ningún carro y tampoco influyó negativamente en aves granívoras las cuales se ven favorecidas con el aumento en el gradiente de urbanización, cuyos representantes son aves categorizadas como adaptadoras urbanas.
Otra variable de perturbación evaluada en este estudio fue el número de transeúntes, el cual no presentó una incidencia negativa de manera general en la composición de especies, únicamente incidió negativamente en aves utilizadoras e insectívoras y en la abundancia de aves frugívoras, ésta variable afecta la supervivencia de las especies las cuales se observan reducir su tiempo en el forrajeo y captura, consecuencias críticas para aves insectívoras y migratorias (Chace and Walsh 2006).

Las variables a escala de sitio en cuanto a su estructura y composición que incide positivamente en la riqueza y abundancia de especies general en los corredores ecológicos fue índice de diversidad general de Simpson, el índice de diversidad de especies nativas y la altura de las especies vegetales, variables claves a la hora de la toma de decisiones en los procesos de planificación ambiental de las áreas verdes lineales de la ciudad, ya que esta variables podrían ser viables en su manejo, por las instituciones que son las encargadas del manejo del arbolado urbano en la ciudad.
Lo que corrobora diversos estudios realizados en otras ciudades donde la diversidad de especies estuvo positivamente relacionada con calles arboladas diversas y densas en su vegetación, así mismo un estudio realizado en ciudades como Amherst, Massachusetts y Grahamstown, Sudáfrica, la diversidad de especies de aves aumentó en calles arboladas con la altura de las especies vegetales y su abundancia. ((De Castro Pena et al., 2017; Fernández-Juricic, 2009)
En cuanto a las variables de paisaje el ancho del corredor fue una variable que influyó negativamente a especies evasoras propias de corredores de borde, por su parte la longitud del corredor y la distancia a los cerros influyó positivamente en su composición, lo que podría inferirse es que la importancia del mantenimiento de aves propias de los cerros orientales tiene más trascendencia la conectividad estructural de la vegetación, corroborado con la disminución de la riqueza a medida que se aumentaba la distancia de los cerros y no el ancho del corredor. Resultados interesantes y relevantes en los aspectos en los que hay que poner más interés y priorizar si lo que se busca es el mantenimiento y la conservación de éste tipos de especies.

Los resultados en este estudio muestran un acercamiento a lo que puede estar pasando en los corredores ecológicos de la ciudad de Bogotá, como se observó hay diferentes miradas

desde lo comunitario, población hasta a nivel de especie, que deben tenerse en cuenta a la hora de focalizar esfuerzos en la planeación ambiental y recuperación de las áreas verdes de la ciudad y tener claridad en los objetivos, metas y el objeto de conservación, para de ésta manera obtener resultados más aplicados al contexto urbano de una ciudad como Bogotá.

5. Referencias

Anderies, Katti y Shochat, (2007). Living in the city: Resource availability, predation, and bird population dynamics in urban areas. *Theoretical Biology*, 247, 36-49. https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2007.01.030

Andrade, L. (2018). Estudio preliminar de las plantas que usan las aves nectarívoras para su alimentación en tres áreas verdes de Bogotá. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Bennett, A. 2004. Integrating Biodiversity Conservation and Sustainable Use: Lessons Learned From Ecological Networks. The World Conservation Union-IUCN. Gland. El Salvador. p 55.

Bhullar, S. (2000). Arthropods on street trees: A food resource for wildlife. Pacific Conservation Biology, 6, 171–173.

Borgmann, Kathi and Rodewald, A. (2004). Nest Predation in an urbanizing landscape: The role of exotic shrubs. *Ecological Aplications*, *14*(6), 1757–1765.

Calder, J., Cumming, G. S., Maciejewski, K., & Oschadleus, H. D. (2015). Urban land use does not limit weaver bird movements between wetlands in Cape Town , South Africa. *Biological Conservation*, *187*, 230–239. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.04.021

Chace, J. F., & Walsh, J. J. (2006). Urban effects on native avifauna: A review. *Landscape and Urban Planning*, *74*(1), 46–69. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.08.007

Chaparro, Sergio & Camargo, P. (2017). Avifauna a lo largo del río Fucha en la ciudad de Bogotá, Avian fauna along the Fucha River in the city of Bogotá , Colombia. *Biota Colombiana*, *18*(2), 212–228.

Clavijo, A. (2017). *Contribución y complementariedad de diferentes tipos de areas verdes urbanas a la riqueza y abundancia de la comunidad de aves en la ciudad de Bogotá, Colombia*. Pontificia Universidad Javeriana.

Dearborn, D. C., & Kark, S. (2009). Motivations for Conserving Urban Biodiversity. *Conservation Biology*, *24*(2), 432–440. https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01328.x

De Castro Pena, J. C., Martello, F., Ribeiro, M. C., Armitage, R. A., Young, R. J., & Rodrigues, M. (2017). Street trees reduce the negative effects of urbanization on birds.

PLoS ONE. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174484

De Montis, A., Caschili, S., Mulas, M., Modica, G., Ganciu, A., Bardi, A., Fichera, C. R. (2016). Urban-rural ecological networks for landscape planning. *Land Use Policy*, *50*, 312–327. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.10.004

Dyson, K. (2020). Conserving native trees increases native bird diversity and community composition on commercial office developments. Urban Ecology, 1–15. https://doi.org/10.1093/jue/juaa033

Fernández-Juricic, E. (2009). Avifaunal use of wooded streets in an urban landscape. Conservation Biology, 14(2), 513–521. https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98600.x

Franz Rebele. (1994). Urban Ecology and Special Features of Urban Ecosystems. *Global Ecology and Biogeography Letters*, *4*(6), 173–187.

Gillies, C. S., Cassady, C., & Clair, S. (2008). Riparian corridors enhance movement of a forest specialist bird in fragmented tropical forest, *2008*.

Grimm, N. B., Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., … Briggs, J. M. (2008). Global Change and the Ecology of Cities. *Science*, *319*. https://doi.org/10.1126/science.1150195

Güneralp, B., Mcdonald, R. I., Fragkias, M., Goodness, J., Marcotullio, P. J., & Seto, K. C. (2013). Urbanization Forecasts, Effects on Land Use , Biodiversity , and Ecosystem Services, 437–452. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1

Hareen,C., & Reich,M. (2006). The German way to greenways and habitat networks. *Landscape and Urban Planning, 76 (1-4), 7-22.* https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.09.041

Hostetler, M. (2001). Detecting the scales at which birds respond to structure in urban landscapes. *Urban Ecosystems*, *4*, 25–54.

Hüse B, Szabó S, Deák B, Tóthmérész B (2016) Mapping an ecological network of green habitat patches and their role in maintaining urban biodiversity in and around Debrecen city (Eastern Hungary). Land use policy 57:574–581. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.026

Jokimaki, J and Huhta, E. (2000). Artificial Nest Predation and Abundance of Birds Along an Urban Gradient. *The Condor*, *102*, 838–847.

Jongman, R. H. G. (1995). Nature conservation planning in Europe: developing ecological networks. *Landscape and Urban Planning*, *32*(3), 169–183. https://doi.org/10.1016/0169-2046(95)00197-O

Marzluff, J. M., Bowman, R., & Donnelly, R. (2001). Chapter 1 A historical perspective on

urban bird research : trends , terms , and approaches, 1–17.

Mccallum, H., & B, P. R. S. L. (2002). Disease , habitat fragmentation and conservation References Article cited in : *Proc. R. Soc*, *269*(November). https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2079.

Mckinney, M. L. (2002). Urbanization, Biodiversity, and Conservation. *BioScience*, *52*(10).

Mckinney, M. L. (2008). Effects of urbanization on species richness : A review of plants and animals A review of plants and animals, (Urban Ecosystems). https://doi.org/10.1007/s11252-007-0045-4

McMahon E. (2000) Green Infrastructure. Plan Comm J 4–7

Muller, N., Werner, P. y Kelcey, J.G. (eds.). 2010. Urban biodiversity and design. Conservation Science and Practice Series. Wiley-Blackwell and the Zoological Society of London. 648 p.

Ortega-álvarez, R., & Macgregor-fors, I. (2011). Landscape and Urban Planning Dusting-off the file : A review of knowledge on urban ornithology in Latin America. *Landscape and Urban Planning*, *101*, 1–10. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2010.12.020

Pardo, S. (2018). Influencia de la urbanización sobre la diversidad de aves de tres zonas en la ciudad de Bogotá, Colombia. Universidad Distrital Franscisco José de Caldas.

Remolina, F. (2006). Propuesta de tipología de corredores para la Estrurctura Ecológica Principal de Bogotá. Jardín Botánico de Bogotá.

Shochat, Lerman, Katti y Lewis. (2004). Linking Optimal Foraging Behavior to Bird Community Structure in a Urban-Desert Landscape: Field Experiments with Artificial Food Patches. *The American Naturalist*, 164, 232-243.

Tremblay, M. A., & St. Clair, C. C. (2009). Factors affecting the permeability of transportation and riparian corridors to the movements of songbirds in an urban landscape. *Journal of Applied Ecology*, *46*(6), 1314–1322. https://doi.org/10.1109/FCCM.2010.12

Wood, E. M, S. E. (2020). The importance of street trees to urban avifauna. Ecological Aplications, 0(0), 1–20. https://doi.org/10.1002/eap.2149

6. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados en éste estudio permiten reconocer la contribución que diferencialmente pueden ofrecer diferentes tipos de elementos verdes lineales urbanos al mantenimiento de la avifauna de una ciudad, así como el uso que estas comunidades de aves hacen de estos espacios. Esto se hace evidente en el caso de los tipos de corredores ecológicos evaluados

en el caso de la EEP de Bogotá, en los que se pudo obtener evidencias sobre su papel en el mantenimiento de comunidades de aves urbanas, la similitud y complementariedad entre ellos, así como el uso y selección que las especies hacen de estos espacios.

Las contribuciones diferenciales halladas en este estudio que diferentes tipos de corredores ecológicos urbanos hacen al mantenimiento de comunidades de aves, muestran importantes variaciones relacionadas en primer lugar con la tolerancia que las especies de aves puedan mostrar frente a la urbanización, o a la dieta a la que estas pueden estar usualmente asociados. Este estudio confirma que especies consideradas evasoras y con dietas frugívoras y nectarívoras, son las que muestran una mayor sensibilidad a los entornos urbanizados. Caso contrario al de las especies consideradas como adaptadoras y con dietas omnívoras. Sin embargo, este estudio muestra que especies consideradas como explotadoras y con una dieta insectívora, parecen estar respondiendo de manera similar a las evasoras, potenciando comunidades con una alta dominancia de unas pocas especies explotadoras que se muestran altamente abundantes.

Un segundo factor de variación en las comunidades de aves que ocuparon de manera diferente los diferentes tipos de corredores, se encuentra en aquellas condiciones a escala local o de ciudad que parece están influyendo en los patrones de la riqueza, abundancia o de uso de estos espacios. Los resultados del estudio sugieren que variables como el tráfico vehicular muestra una influencia significativa y común que está afectando a la mayoría de especies registradas en los corredores de la ciudad. Una relación que pueden considerarse esperada dada la presencia común de vías principales a lo largo de la mayoría de corredores ecológicos tanto en Bogotá como en las ciudades de todo el mundo. Algo similar se encontró en la relación negativa que sobre la riqueza y abundancia tuvieron variables como la densidad construida, En sentido contrario, variables como la diversidad y altura de la vegetación mostraron tener una influencia positiva en la riqueza, especialmente de las especies más sensibles a la transformación. El efecto negativo que mostró para algunos grupos y especies el ancho y largo del corredor, puede tener explicación precisamente en la simplificación de esa estructura y composición de esta vegetación que ofrece hábitat para las especies de aves en la ciudad.

Se espera que los resultados de éste estudio contribuyan a la planificación ambiental de las áreas verdes lineales de la ciudad, para el mantenimiento y conservación de la avifauna urbana, identificando los atributos de sitio y del paisaje que inciden en la presencia y selección de hábitat que hacen las aves por tipo de corredor, que contribuya a la gestión ambiental y estrategia de conservación de la ciudad para los cuales los corredores ecológicos fueron priorizados.

Se recomienda continuar de esta manera y en la misma línea de estudio, la evaluación de patrones de movimiento de las aves en corredores ecológicos usando técnicas de telemetría para determinar si los corredores están permitiendo o promoviendo no solo la conectividad estructural sino funcional en la ciudad de Bogotá e identificar si estos elementos lineales verdes están facilitando el movimiento de las aves y que factores lo condicionan (Calder, Cumming, Maciejewski, & Oschadleus, 2015; Gillies, Cassady, & Clair, 2008; Tremblay & St. Clair, 2009).

7. Literatura citada

Agudelo, L. (2007). Evaluación del Canal Molinos como un corredor para las aves en la ciudad de Bogotá. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

Anderies, Katti y Shochat, (2007). Living in the city: Resource availability, predation, and bird population dynamics in urban areas. *Theoretical Biology*, 247, 36-49. https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2007.01.030

Aronson, M. F. J., Sorte, F. A. La, Nilon, C. H., Katti, M., Goddard, M. A., Lepczyk, C. A Pys, P. (2014). A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proc. R. Soc*, *281*.

Calder, J., Cumming, G. S., Maciejewski, K., & Oschadleus, H. D. (2015). Urban land use does not limit weaver bird movements between wetlands in Cape Town , South Africa. *Biological Conservation*, *187*, 230–239. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.04.021

Chace, J. F., & Walsh, J. J. (2006). Urban effects on native avifauna: A review. *Landscape and Urban Planning*, *74*(1), 46–69. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.08.007

Córdoba-Córdoba, S., M.A. Echeverry-Galvis, A.M. Cachón, A.L.Ramírez. 2007. Informe Final Convenio de Cooperación N. 428-2006 suscrito entre el Jardín Botánico " José Celestino Mutis" y la Asociación Bogotana de Ornitología- ABO. Bogotá.

Fernández-Juricic, E. (2000). Avifaunal use of wooded streets in an urban landscape. *Conservation Biology*, *14*(2), 513–521. https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.98600.x

Gillies, C. S., Cassady, C., & Clair, S. (2008). Riparian corridors enhance movement of a forest specialist bird in fragmented tropical forest, *2008*.

Grimm, N. B., Grimm, N. B., Faeth, S. H., Golubiewski, N. E., Redman, C. L., Wu, J., … Briggs, J. M. (2008). Global Change and the Ecology of Cities. *Science*, *319*. https://doi.org/10.1126/science.1150195

Güneralp, B., Mcdonald, R. I., Fragkias, M., Goodness, J., Marcotullio, P. J., & Seto, K. C. (2013). Urbanization Forecasts, Effects on Land Use , Biodiversity , and Ecosystem Services, 437–452. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7088-1

Hostetler, M. (2001). Detecting the scales at which birds respond to structure in urban landscapes. *Urban Ecosystems*, *4*, 25–54.

Hüse B, Szabó S, Deák B, Tóthmérész B (2016) Mapping an ecological network of green habitat patches and their role in maintaining urban biodiversity in and around Debrecen city (Eastern Hungary). Land use policy 57:574–581. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.06.026

Mckinney, M. L. (2002). Urbanization, Biodiversity, and Conservation. *BioScience*, *52*(10).

Mckinney, M. L. (2006). Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation*, *127*, 247–260. https://doi.org/10.1016/j.biocon.2005.09.005

Mckinney, M. L. (2008). Effects of urbanization on species richness : A review of plants and animals A review of plants and animals, (Urban Ecosystems). https://doi.org/10.1007/s11252-007-0045-4

McMullan, M., T. Donegan & A. Quevedo. 2010. Field Guide to the Birds of Colombia. Proaves, Bogotá, Colombia.
ONU (2014) La situación demográfica en el mundo, 2014. Informe conciso. Dep Asuntos Económicos y Soc 1–38.

Shochat, Lerman, Katti y Lewis. (2004). Linking Optimal Foraging Behavior to Bird Community Structure in a Urban-Desert Landscape: Field Experiments with Artificial Food Patches. *The American Naturalist,* 164, 232-243.

Sua, A. (2014). Caracterización de la avifauna asociada a un corredor ecológico vial en la ciudad de Bogotá. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia.

Tremblay, M. A., & St. Clair, C. C. (2009). Factors affecting the permeability of transportation and riparian corridors to the movements of songbirds in an urban landscape. *Journal of Applied Ecology*, *46*(6), 1314–1322. https://doi.org/10.1109/FCCM.2010.12

8. Anexo

Se presenta en este documento los resultados del proceso de investigación sobre las Contribuciones de la infraestructura verde lineal urbana al mantenimiento y uso de hábitat de comunidades de aves en una ciudad neotropical (Bogotá, Colombia), Este documento fue elaborado con los parámetros de la revista “Landscape and Urban Planning “a la cual será enviada. Esta revista fue escogida debido a que publica artículos científicos enfocados en temáticas: paisaje, planificación urbana y regional y ecología del paisaje y de la ciudad.