



CONTRIBUCIÓN DEL ESPACIO VERDE INFORMAL A LA CONSERVACIÓN DE AVES EN CIUDADES: UN ESTUDIO COMPARATIVO SOBRE LA DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD DE AVES EN SITIOS BALDÍOS, PARQUES URBANOS Y ÁREAS RESIDENCIALES

Nélida R. Villaseñor^{1,2,3*} · Luna A. Chiang¹ · H. Jaime Hernández^{1*} · Martín A. H. Escobar^{3,4}

¹ Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza, Universidad de Chile.

² Departamento de Ciencias Químicas y Biológicas, Universidad Bernardo O'Higgins, Av. Viel 1497, Santiago, Chile.

³ Manque Bioexploraciones.

⁴ Escuela de Pregrado, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

E-mail: Nélida R. Villaseñor · villasenor@uchile.cl

Resumen · Los sitios baldíos (terrenos vacantes en la ciudad) son parte del espacio verde informal y pueden mantener fauna nativa en ecosistemas urbanos. Para brindar evidencia científica que promueva la conservación de aves en ciudades, comparamos diferentes atributos de la comunidad de aves entre sitios baldíos, parques urbanos y áreas residenciales en la ciudad de Santiago de Chile. Para esto, estimamos la diversidad taxonómica en los tres ambientes, investigamos variaciones entre ambientes en la riqueza de especies y la abundancia de aves (total y de aves nativas, considerando tres gremios tróficos: granívoras, insectívoras y omnívoras), y evaluamos la influencia de variables del hábitat sobre la riqueza y la abundancia de aves en los sitios seleccionados. Encontramos que los sitios baldíos mantuvieron una comunidad de aves diversa, con baja dominancia, con alta riqueza de especies y alta abundancia, compuesta principalmente por especies nativas granívoras e insectívoras. En cambio, las especies con dieta generalista (omnívoras) fueron más abundantes en parques urbanos y áreas residenciales. Los parques urbanos y las áreas residenciales fueron dominados por una sola especie omnívora (*Turdus falcklandii* en parques y la especie exótica *Passer domesticus* en áreas residenciales), mientras que en los sitios baldíos un conjunto de especies nativas alcanzó las más altas abundancias, incluidas aves granívoras (*Sicalis luteola*, *Zenaida auriculata* y *Zonotrichia capensis*) e insectívoras (*Tachycineta meyeri* y *Anthus correndera*). Los sitios con mayor cobertura herbácea presentaron mayor riqueza y abundancia de aves nativas. Además, sitios con una mayor cobertura de suelo desnudo exhibieron una mayor abundancia de aves nativas. Nuestros resultados demuestran que los sitios baldíos mantienen una alta diversidad de aves y una alta riqueza y abundancia de aves nativas con dietas especialistas (granívoras e insectívoras), lo que ofrece una oportunidad poco explorada para la conservación de la biodiversidad en ciudades.

Abstract · **Contribution of informal greenspace to bird conservation in cities: a comparative study on the diversity of bird communities in vacant lands, urban parks, and residential areas**

Vacant lands are part of the informal greenspace and could maintain native fauna in urban ecosystems. To provide scientific evidence that promotes bird conservation in cities, we compared different bird community attributes among vacant lands, urban parks, and residential areas in the city of Santiago de Chile. For this, we estimated taxonomic diversity in the three land-use types, calculated the species richness and abundance (of total and native species, including three trophic guilds: granivores, insectivores, and omnivores) among land-use types, and evaluated the influence of habitat variables on bird species richness and abundance recorded. We found that vacant lands supported a diverse community, with low species dominance, and high species richness and abundance, comprised mainly by native granivorous and insectivorous birds. In contrast, birds with generalist diet (omnivores) reached high abundances in urban parks and residential areas. While parks and residential areas were dominated by a single omnivore species (*Turdus falcklandii* in parks and the exotic *Passer domesticus* in residential areas), a set of native species reached high abundances in vacant lands. These included granivorous birds (*Sicalis luteola*, *Zenaida auriculata*, and *Zonotrichia capensis*) and insectivorous birds (*Tachycineta meyeri* and *Anthus correndera*). Sites with a larger cover of herbaceous plants exhibited greater richness and abundance of native birds. In addition, sites with larger proportion of their area covered by bare ground exhibited greater abundance of native birds. Our results demonstrate that vacant lands maintain high bird diversity, as well as a high species richness and abundance of native birds with specialized diets (granivores and insectivores), offering new opportunities to conserve biodiversity in cities.

Key words: Abundance · Mediterranean ecosystem · Santiago de Chile · Species richness · Trophic guilds

INTRODUCCIÓN

Latinoamérica y el Caribe se destacan por su alto valor para la conservación de la biodiversidad. Esta región contiene seis países megadiversos (países que presentan la más alta diversidad de especies en el planeta; Mittermeier et al. 1997) y siete “puntos calientes” de biodiversidad, es decir, áreas que presentan un alto endemismo, donde la extensión de la vegetación original se ha perdido en un 70% o más (Myers et al. 2000). Sin embargo, este alto valor para la conservación se encuentra en

Submitted 03 May 2020 · First decision 18 June 2020 · Acceptance 20 October 2020 · Online publication 06 January 2022

Communicated by Luis Sandoval & Carlos Bosque © Neotropical Ornithological Society



Figura 1. Ejemplos de los tres tipos de uso del suelo (ambientes) evaluados en la ciudad de Santiago de Chile. A. Sitios baldíos cubiertos por vegetación espontánea. Estos sitios fueron dominados por herbáceas anuales compuestas principalmente por especies exóticas. B. Los parques urbanos o plazas corresponden a espacios verdes altamente manejados, cuyo objetivo principal es proveer un área verde para la recreación de las personas. C. Las áreas residenciales presentan pequeños jardines y vegetación vial, pero son dominados por superficies impermeables y construcciones.

una de las regiones más urbanizadas del planeta. En los últimos 70 años, el número de habitantes urbanos en la región prácticamente se ha octuplicado: 70 millones de personas residían en áreas urbanas en el año 1950, cifra que ha alcanzado 540 millones de personas en el año 2020. En la actualidad, 8 de cada 10 personas en la región habitan en áreas urbanas (United Nations 2018).

A pesar del alto nivel de urbanización presente en Latinoamérica y el Caribe, el conocimiento sobre la fauna en ecosistemas urbanos es limitado. Sudamérica es una de las regiones con menor número de estudios de fauna urbana a nivel global (Magle et al. 2012). Si bien las investigaciones han aumentado en las últimas décadas, donde las aves han sido el grupo más estudiado, el avance del conocimiento presenta grandes brechas (Escobar-Ibáñez & MacGregor-Fors 2017). Por ejemplo, cerca del 90% de los artículos sobre aves en ambientes urbanos de Latinoamérica provienen solamente de cuatro países: Brasil, México, Argentina y Colombia (Escobar-Ibáñez & MacGregor-Fors 2017). En el resto de los países de Latinoamérica, la carencia de estudios de fauna en ciudades ha generado un importante vacío de investigación, lo que dificulta diseñar e implementar medidas de manejo del hábitat y de planificación urbana para que las ciudades sean más amigables con la fauna local.

La vegetación es un elemento clave para mitigar el impacto de la urbanización sobre fauna nativa. El espacio verde contribuye a conservar biodiversidad en ciudades, ya que presenta una variedad de plantas, provee hábitat para la fauna e incrementa la conectividad del paisaje. Si bien existen diferentes tipos de espacios verdes en las ciudades (Lepczyk et al. 2017), las investigaciones se han centrado en parques urbanos y en remanentes de vegetación nativa, mientras que los espacios verdes informales han recibido escasa atención (Botzat et al. 2016, Evans et al. 2009, Nielsen et al. 2014, Rupprecht et al. 2015). El espacio verde informal se caracteriza por presentar vegetación espontánea (e.g. no plantada o ruderal) que se ha establecido en el sitio luego de una historia de alteración severa de la tierra producto de la actividad humana (Rupprecht & Byrne 2014). Estos espacios cubiertos por vegetación espontánea no son reconocidos ni manejados formalmente por el gobierno ni por los propietarios del terreno como un espacio verde para la recreación, producción ni protección ambiental (Rupprecht & Byrne 2014).

Los sitios baldíos (i.e. terrenos vacantes en la ciudad) son

parte del espacio verde informal y pueden mantener fauna nativa en ciudades. Los sitios baldíos y los terrenos en desuso en la ciudad contribuyen a conservar plantas y animales, además de proveer servicios ecosistémicos (Kwok 2018, Rupprecht et al. 2015). Sin embargo, estos sitios son percibidos por los residentes y los encargados del manejo y la planificación urbana como tierras desperdiciadas que generan externalidades negativas, tanto sociales como económicas. Estas tierras se asocian a delincuencia, violencia, basurales y viviendas informales (e.g. Branas et al. 2018), factores que parecen ser mejor conocidos que su potencial para la conservación de biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos.

Los sitios baldíos son un elemento común en ciudades. En Latinoamérica, la cobertura total de sitios baldíos varía en gran medida y alcanzan un 40% en ciudades como Río de Janeiro (Brasil) y Guayaquil (Ecuador); mientras que en Santiago de Chile su cobertura es cercana al 10% (de Araujo Lorangeira 2003). A pesar de que los sitios baldíos son un elemento común en ciudades de la región, y en algunos casos alcanzan una gran superficie, su contribución para la conservación de biodiversidad ha sido escasamente explorada.

Para brindar evidencia científica que ayude a dilucidar si los sitios baldíos contribuyen a la conservación de aves en la ciudad, evaluamos diferentes atributos de la comunidad de aves en sitios baldíos, parques urbanos y áreas residenciales en la ciudad de Santiago de Chile. Nuestras preguntas de investigación fueron: (1) ¿mantienen los sitios baldíos una comunidad de aves más diversa que parques urbanos y áreas residenciales?, (2) ¿cómo varía la riqueza de especies y la abundancia de aves (incluidos diferentes gremios tróficos) entre sitios baldíos, parques urbanos y áreas residenciales?, y (3) ¿cuáles son los principales atributos del hábitat que influyen sobre la riqueza de especies y abundancia de aves en los sitios de evaluación? Debido a la importancia de conocer la respuesta de la comunidad de aves en su totalidad y de las aves nativas en particular, la riqueza de especies y la abundancia fueron evaluadas considerando la totalidad de las especies de aves (incluidas aves nativas y exóticas) y también considerando solamente a las especies nativas.

MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en la ciudad de Santiago (33°27'S – 70°40'O), capital de Chile. El clima es semi-

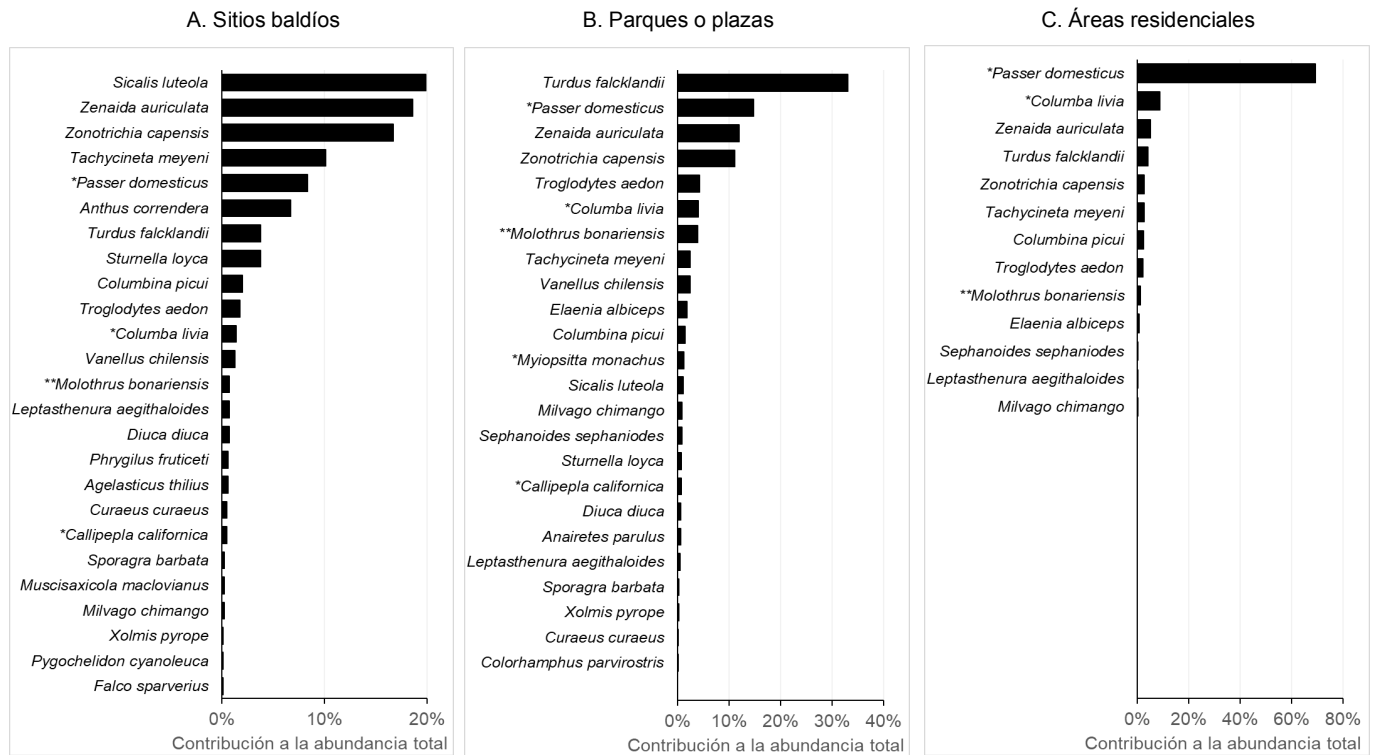


Figura 2. Abundancia relativa de las diferentes especies de aves por ambiente. * Especie exótica. ** Especie de origen incierto.

árido mediterráneo, con veranos cálidos y secos e inviernos fríos y húmedos (precipitación anual ~300 mm) (INE 2015). Santiago es la ciudad con mayor número de habitantes en el país y alberga a más de 6 millones de habitantes, que representan el 35% de la población nacional (INE 2018). Este gran número de habitantes posiciona a Santiago como una de las ocho grandes metrópolis en Latinoamérica (MacGregor-Fors & Escobar-Ibáñez 2017).

La ciudad de Santiago se emplaza en la zona central de Chile, un área de interés global para la conservación. Chile central se caracteriza por presentar un alto nivel de endemismos tanto en su flora como en su fauna (Arroyo et al. 2008), pues acá habitan seis especies de aves de rango de distribución restringido (Stattersfield et al. 1998). A pesar de su alto valor para la conservación, el cambio en el uso del suelo ha sido dramático. El paisaje actual se encuentra dominado por superficies de uso humano (e.g., áreas agrícolas, plantales animales, plantaciones forestales con especies exóticas, áreas urbanas). Debido a la presencia de un gran número de endemismos en plantas y animales, junto a la reducida extensión de la vegetación original, Chile central es un área prioritaria para la conservación de la biodiversidad a nivel global (e.g., punto caliente de biodiversidad; Myers et al. 2000).

Diseño del estudio. El presente estudio es complementario a Villaseñor et al. (2020). Realizamos estimaciones de diversidad de aves por ambiente y analizamos la riqueza de especies y la abundancia total y de aves nativas considerando los gremios tróficos. Además, los datos de aves se complementaron con datos del hábitat (cobertura vegetal y del suelo). Para seleccionar los sitios de evaluación, primero se identificaron los sitios baldíos en la ciudad utilizando una cobertura digital (Observatorio de ciudades 2012). Con ayuda de imágenes de alta resolución disponibles en Google Earth y Google Maps, se preseleccionaron aquellos sitios que no presen-

taron evidencia de manejo, en los que la vegetación espontánea (i.e., no plantada) haya cubierto > 50% de la superficie del suelo, de tamaño ≥ 1 ha (para asegurar que las evaluaciones de aves se realizaran al interior del sitio), ubicados al interior de la ciudad a ≥ 1 km del límite urbano y con altas posibilidades de acceso (e.g., se descartaron sitios completamente cercados).

En aquellos sitios que cumplieron todos los criterios, se definió un “vecindario” de 1 km de radio en el cual se identificó un parque o plaza (de tamaño > 1 ha) y un área residencial (de tamaño > 1 ha). Los parques y plazas correspondieron a áreas verdes altamente manejadas, cuyo objetivo principal es brindar un espacio verde para la recreación de los residentes. Las áreas residenciales correspondieron a áreas construidas dominadas por viviendas de uno o dos pisos. De manera aleatoria se seleccionaron siete “vecindarios” que comprendieron los tres usos del suelo (ambientes): sitio baldío, parque o plaza, y área residencial (Figura 1). Los “vecindarios” seleccionados se encontraron en el oeste y sur de la ciudad, debido a que los sitios baldíos que cumplieron los criterios establecidos se ubicaron en estos sectores (Apéndice Figura A1). Para el muestreo, en cada “vecindario” seleccionado se ubicaron dos transectos al interior de cada ambiente, generando un total de 42 transectos (7 “vecindarios” x 3 ambientes x 2 transectos).

Muestreo de aves. En todos los sitios se evaluó la riqueza y la abundancia de las diferentes especies de aves en tres estaciones: verano austral (febrero), invierno (agosto) y primavera (octubre-noviembre) de 2018. El muestreo de aves fue realizado en la mañana (a partir de las 07:00 h, hasta cuatro horas después del amanecer) y en días con buenas condiciones meteorológicas. En cada sitio se muestrearon aves a lo largo de dos transectos de 50 m de largo. En cada transecto se registraron todas las aves vistas u oídas hasta 30 m a cada lado del eje principal del transecto (e.g., Villaseñor & Escobar

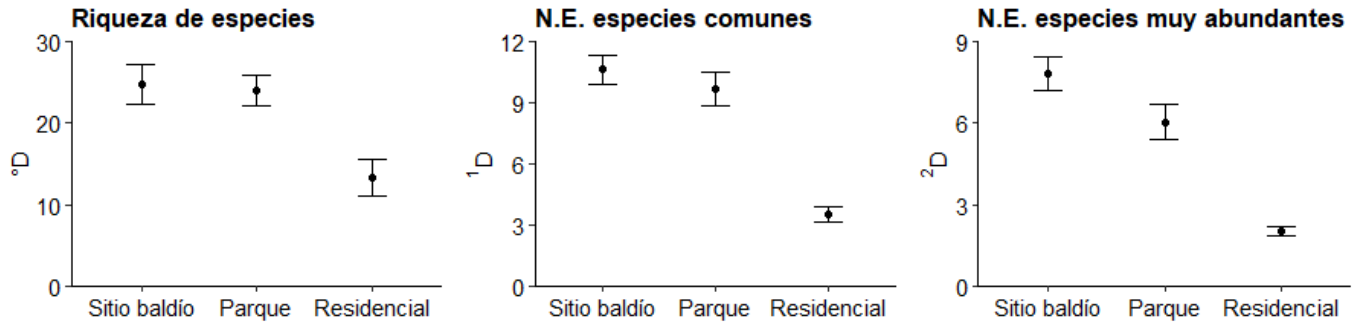


Figura 3. Estimadores de la diversidad de aves por ambiente: riqueza de especies (0D), número efectivo de especies comunes (1D) y número efectivo de especies muy abundantes (2D). Barras muestran intervalos de confianza al 95% estimados por remuestreo. Los gráficos fueron realizados con base en estimaciones que consideraron 742 individuos.

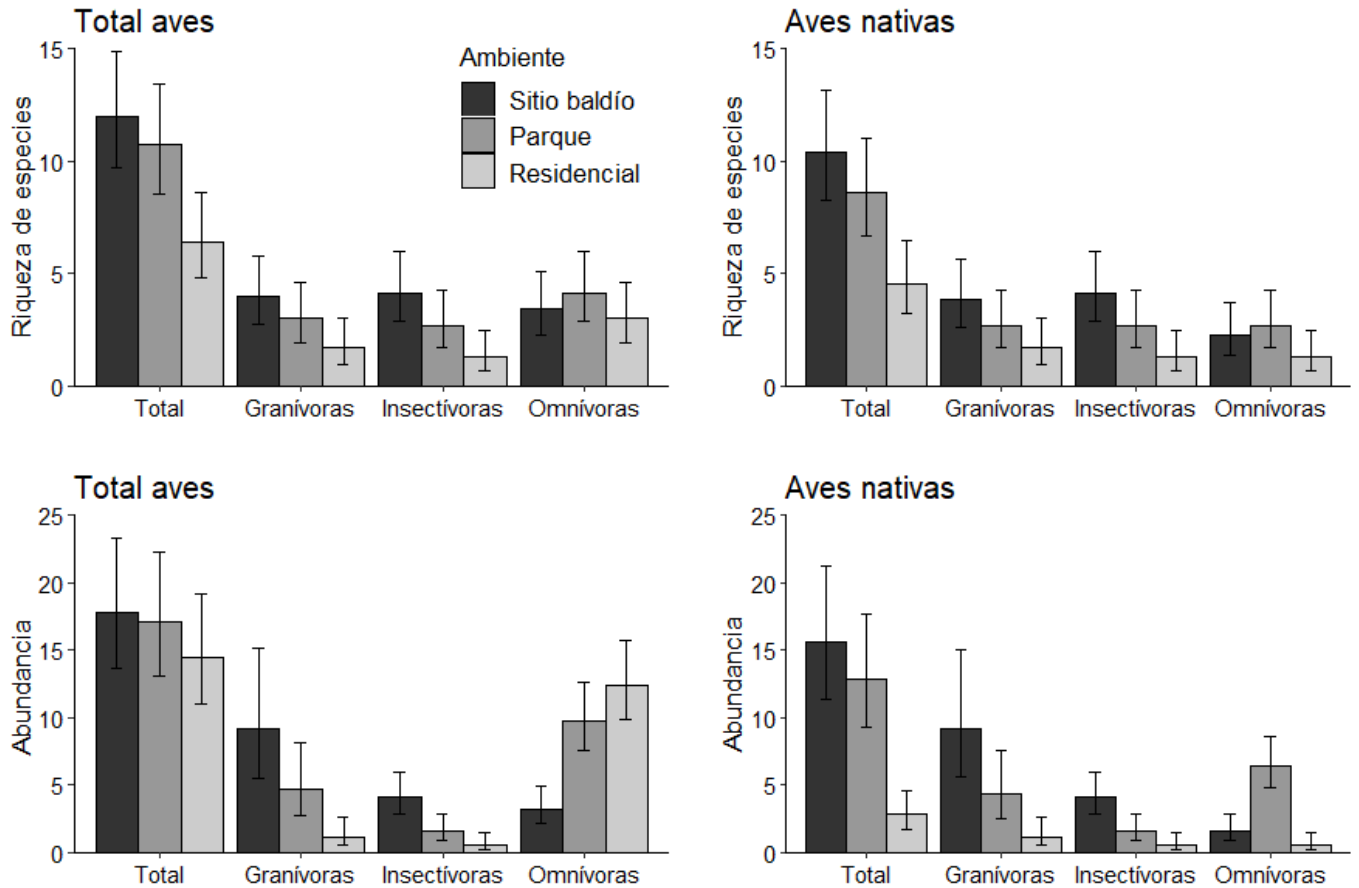


Figura 4. Riqueza de especies (acumulada) y abundancia (promedio) de aves y aves nativas por sitio, incluyendo tres gremios tróficos, estimadas en tres ambientes de acuerdo a Modelos Lineales Generalizados Mixtos (GLMMs). Las barras muestran intervalos de confianza al 95%.

2019), siendo cinco minutos la duración del recorrido. Cuando las aves volaron sobre el transecto, solo se registraron las que utilizaron el sitio, por ejemplo, individuos cazando insectos. Utilizamos transectos debido a que los sitios permitieron recorridos lineales, los cuales son menos susceptibles a conteos dobles y generan más registros de aves que los puntos de conteo (Bibby et al. 2000). Las diferentes especies de aves registradas se clasificaron de acuerdo a su origen y según su dieta siguiendo a Gutiérrez-Tapia et al. (2018); sin embargo, consideramos la incertidumbre sobre el origen de una especie (Marín 2000). Para las especies registradas que no fueron clasificadas en los trabajos anteriores, se utilizó del Hoyo et al. (2019).

Variables del hábitat. En cada transecto se estimó visual-

mente en terreno la cobertura de la vegetación, el suelo desnudo, las superficies impermeables y las construcciones. Se consideró la metodología propuesta por Etienne & Prado (1982) y se clasificó la vegetación en tipos biológicos fundamentales. Así, se estimó visualmente la cobertura de tres estratos vegetales (leñoso alto, leñoso bajo y herbáceo), donde la cobertura representa la proporción del terreno que es ocupada por la proyección vertical de la vegetación.

Análisis de datos. Para comparar la diversidad de aves en los tres ambientes, se estimó la diversidad en unidades de número efectivo de especies de acuerdo a la serie de Hill (Chao et al. 2014), que utiliza interpolación y extrapolación de estimaciones a partir de curvas de rarefacción de la diversidad (qD) en función de la cobertura de muestreo (\hat{C}_n) (Cultid-

Tabla 1. Variables del hábitat (promedio y rango) registradas en los sitios de evaluación por ambiente.

Variable (%)	Sitio baldío promedio (mín – máx)	Parque urbano promedio (mín – máx)	Área residencial promedio (mín – máx)
Cobertura herbácea	70 (48–94)	57 (36–79)	3 (0–5)
Cobertura leñoso alto	1 (0–4)	27 (6–42)	11 (4–20)
Cobertura leñoso bajo	2 (0–6)	5 (1–11)	3 (2–6)
Cobertura suelo desnudo	28 (6–50)	27 (3–55)	10 (3–20)
C. superficies impermeables	0 (0–0)	9 (0–38)	29 (14–47)
Cobertura construcciones	0 (0–0)	0 (0–2)	55 (28–72)

Medina & Escobar 2019). Siguiendo el protocolo descrito en Cultid-Medina & Escobar (2019), se compararon tres estimadores de diversidad de orden q (qD): la riqueza de especies (0D), el número de especies igualmente frecuentes (1D) y el número efectivo de especies muy abundantes (2D). Para identificar diferencias en los tres estimadores de diversidad entre ambientes, utilizamos intervalos de confianza al 95%, que fueron calculados por remuestreo en el paquete *iNEXT* (Hsieh et al. 2020) en R 3.4.1 (R Core Team 2017).

Para comparar la riqueza de especies y la abundancia de aves entre los ambientes, ajustamos Modelos Lineales Generalizados Mixtos (GLMMs) con distribución de Poisson (función de enlace: log) utilizando el paquete *lme4* (Bates et al. 2015) en R 3.4.1 (R Core Team 2017). Para la totalidad de las especies y para las aves nativas se calculó la riqueza de especies por sitio (especies acumuladas por sitio luego de evaluar dos transectos x tres estaciones), considerando además los tres gremios tróficos más frecuentes en cada uno de estos grupos. Así, la riqueza de especies fue descrita por ocho variables respuesta: (1) total, (2) granívoras, (3) insectívoras, (4) omnívoras, (5) especies nativas, (6) nativas granívoras, (7) nativas insectívoras y (8) nativas omnívoras. La abundancia se calculó como la abundancia promedio de las aves registradas por sitio (promedio de los seis transectos evaluados) para la totalidad de las especies y también solo para las aves nativas. Al igual que para la riqueza de especies, la abundancia también se calculó para los tres gremios tróficos más frecuentes, para un total de ocho variables respuesta. En los 16 modelos que describieron la riqueza de especies y la abundancia, el efecto fijo fue el ambiente (factor con tres niveles: sitio baldío, parque y área residencial), mientras que el efecto aleatorio fue el bloque de muestreo ($N = 7$), lo que permitió considerar la dependencia espacial de las muestras provenientes del mismo bloque (“vecindario”; Bolker et al. 2009).

Finalmente, para evaluar la influencia de las variables del hábitat sobre la riqueza de especies y la abundancia de aves, se utilizaron GLMMs con distribución de Poisson (función de enlace: log). Cuando dos variables predictivas presentaron una alta correlación ($r > 0,6$), se consideró sólo una variable. Previo al ajuste de modelos, se exploraron los datos para evaluar la existencia de relaciones lineales entre las variables predictivas y las variables respuesta (log). Cuando hubo evidencia de relaciones no lineales, se consideró la variable predictiva original y al cuadrado. Se ajustaron GLMMs con distribución de Poisson con las diferentes variables predictivas, con un máximo de dos variables predictivas debido al número limitado de sitios ($N = 21$ sitios) (Bolker et al. 2009). Todos los modelos consideraron como efecto aleatorio el bloque de muestreo ($N = 7$). Para cada variable respuesta, se seleccionó el mejor modelo basado en criterio de información de Akaike corregido para muestras pequeñas (AICc) (Burnham & Anderson 2002) utilizando el paquete *MuMIn* (Barton 2013).

Los modelos finales fueron revisados, incluido el supuesto de una apropiada estimación de la varianza. Los modelos sobredispersos fueron corregidos ajustando un efecto aleatorio a nivel de observación. También revisamos que la magnitud de los residuos estandarizados fuera independiente de los valores ajustados (Bolker et al. 2009). Finalmente, graficamos el valor promedio esperado y los intervalos de confianza al 95% a partir de los modelos con ayuda de los paquetes *AICcmodavg* (Mazerolle 2017) y *effects* (Fox 2003).

RESULTADOS

En 126 transectos evaluados, obtuvimos 2.164 registros de aves, que corresponden a 30 especies. De ellas, 25 correspondieron a especies nativas, 4 a especies exóticas y 1 especie (*Molothrus bonariensis*) fue de origen incierto. En sitios baldíos registramos 791 aves, correspondientes a 25 especies (21 nativas, 3 exóticas, 1 de origen incierto). En parques registramos 742 aves, correspondientes a 24 especies (19 nativas, 4 exóticas, 1 de origen incierto). En áreas residenciales registramos 631 aves, que comprendieron solo 13 especies (10 nativas, 2 exóticas, 1 origen incierto), de las cuales *Passer domesticus* presentó la mayor abundancia relativa al aportar el 69% de los registros de aves en áreas residenciales (Figura 2). Los gremios tróficos con mayor número de especies fueron insectívoros (11 especies, de las cuales todas fueron nativas), granívoros (9 especies: 7 nativas y 2 exóticas) y omnívoros (8 especies: 5 nativas, 2 exóticas y 1 de origen incierto), mientras que carnívoros y nectarívoros comprendieron solo una especie cada uno (Apéndice Tabla A1).

La cobertura de muestreo fue adecuada y la comunidad de interés estuvo representada en las especies presentes en las muestras en un 99% en todos los ambientes. La riqueza estimada de especies (0D) y el número efectivo de especies igualmente frecuentes (1D) fueron significativamente más altos en sitios baldíos y parques que en áreas residenciales. El número efectivo de especies muy abundantes (2D) fue significativamente diferente en los tres ambientes, siendo más alto en sitios baldíos, seguido por parques y menor en áreas residenciales (Figura 3).

Los GLMMs mostraron que la riqueza total de aves y la riqueza de aves nativas exhibieron patrones similares (Figura 4). La riqueza total de especies de aves por sitio, así como la riqueza de aves nativas por sitio, fueron más altas en sitios baldíos y parques que en áreas residenciales. Los sitios baldíos presentaron mayor riqueza de especies de aves granívoras e insectívoras que las áreas residenciales, mientras que los parques exhibieron una riqueza intermedia entre ambos ambientes, sin presentar diferencias estadísticamente significativas. Además, la riqueza de especies de aves omnívoras no difirió significativamente entre los tres ambientes (Figura 4, Apéndice Tabla A2).

La abundancia total de aves por sitio no presentó diferen-

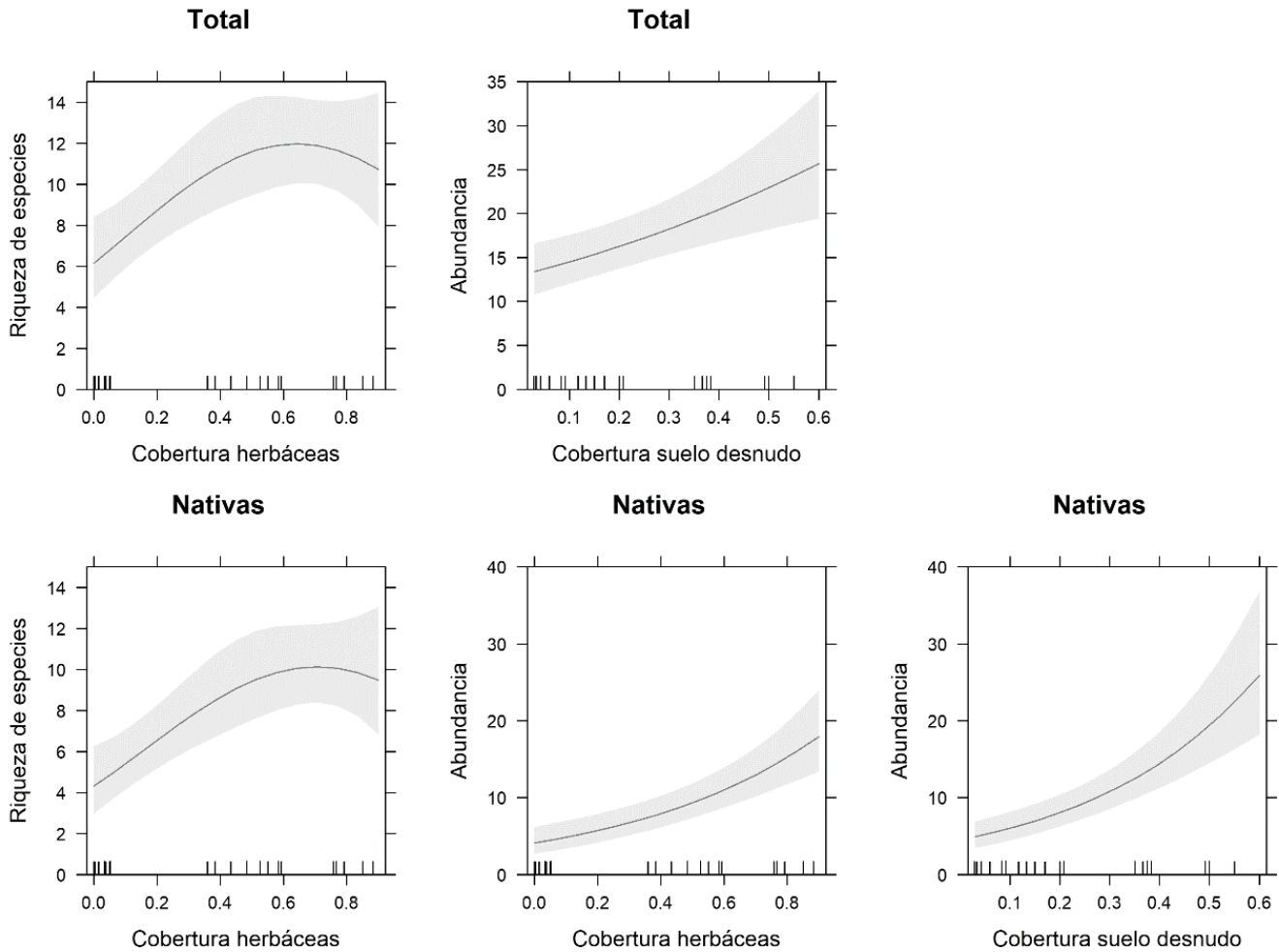


Figura 5. Estimaciones de la riqueza de especies (acumulada) y la abundancia (promedio) de aves y aves nativas por sitio, de acuerdo a variables del hábitat presentes en el mejor Modelo Lineal Generalizado Mixto (GLMMs). Las coberturas se expresan en proporción y las áreas sombreadas representan intervalos de confianza al 95%.

cias significativas entre los ambientes. Sin embargo, la abundancia de aves exhibió diferencias entre ambientes al considerar los diferentes gremios tróficos. Las aves granívoras fueron más abundantes en sitios baldíos, seguido por parques, y fueron menos abundantes en áreas residenciales. Las aves insectívoras fueron más abundantes en sitios baldíos que en parques y áreas residenciales. Las aves omnívoras fueron más abundantes en áreas residenciales y parques que en sitios baldíos. Al considerar el origen de las especies, las aves nativas, y en particular las aves nativas granívoras, fueron más abundantes en sitios baldíos y parques, y presentaron una muy baja abundancia en áreas residenciales. Las aves nativas insectívoras fueron más abundantes en sitios baldíos que en parques y áreas residenciales. Las aves nativas omnívoras presentaron una baja abundancia en sitios baldíos y áreas residenciales, y fueron más abundantes en parques (Figura 4, Apéndice Tabla A2).

Respecto a las variables del hábitat, los sitios baldíos presentaron una alta cobertura del estrato herbáceo (promedio = 70%), seguida por suelo desnudo (28%; Tabla 1). Parques y plazas presentaron una alta cobertura del estrato herbáceo (57%), seguida por suelo desnudo (27%) y el estrato leñoso alto (27%). Las áreas residenciales comprendieron principalmente construcciones (55%) y superficies impermeables (29%; Tabla 1). Las correlaciones entre las diferentes variables del hábitat mostraron que la cobertura del estrato herbáceo se asoció negativamente con la cobertura de superfi-

cias impermeables ($r = -0,76$) y de construcciones ($r = -0,84$). Por lo tanto, se mantuvieron como variables predictivas en los modelos las coberturas de los estratos herbáceo, leñoso alto, leñoso bajo y del suelo desnudo (Apéndice Tabla A3).

Entre las diferentes variables predictivas del hábitat ajustadas en los modelos, solo la cobertura de herbáceas y de suelo desnudo estuvieron presentes en los mejores modelos para estimar la riqueza y/o abundancia de aves (Apéndice Tabla A4). La riqueza total y de aves nativas aumentó con la cobertura herbácea, hasta que esta alcanzó cerca del 50% de cobertura en los sitios de evaluación (Figura 5). La abundancia total de aves aumentó con la cobertura de suelo desnudo en el sitio. La abundancia de aves nativas aumentó con la cobertura herbácea y el suelo desnudo en el sitio (Figura 5, Apéndice Tabla A4).

DISCUSIÓN

Nuestros resultados demostraron que los sitios baldíos en la ciudad de Santiago mantienen una comunidad de aves diversa y compuesta principalmente por especies nativas con dietas especialistas. Mientras que parques y áreas residenciales fueron dominados por una especie, en los sitios baldíos un conjunto de especies nativas alcanzó las más altas abundancias. Los sitios baldíos soportaron una alta riqueza y abundancia de aves, principalmente de especies nativas granívoras e insectívoras. En cambio, las aves con dieta generalista

(omnívoras) fueron más abundantes en áreas residenciales y en parques. Atributos del hábitat dominantes en sitios baldíos, como la cobertura herbácea y el suelo desnudo, promovieron una mayor riqueza y abundancia de aves nativas. Debido a que la urbanización suele afectar negativamente a las aves con dietas especialistas, mientras que las aves omnívoras suelen tolerar mejor estos cambios (Callaghan et al. 2019), nuestros resultados demostraron que los sitios baldíos ofrecen una oportunidad para conservar biodiversidad en ciudades.

Diversidad. La comunidad de aves en sitios baldíos fue diversa, exhibiendo una elevada riqueza de especies y una mejor distribución de la abundancia entre las especies que las comunidades de aves presentes en los otros ambientes. A diferencia de los parques urbanos y las áreas residenciales, los sitios baldíos no presentaron dominancia de una especie, sino que tres especies fueron las aves más abundantes: *Sicalis luteola* (20% de los registros), *Zenaida auriculata* (19%) y *Zonotrichia capensis* (17%). Estas aves granívoras pueden encontrar una abundante oferta de alimento en sitios baldíos debido a que el suelo está cubierto por herbáceas anuales. A pesar de que las herbáceas anuales en Santiago corresponden principalmente a especies de origen exótico (Figueroa et al. 2020), ellas proveen una abundante oferta de semillas para las aves.

La comunidad de aves en parques urbanos presentó una alta diversidad al considerar la riqueza de especies y el número efectivo de especies igualmente frecuentes (comunes). Sin embargo, la comunidad estuvo dominada por una especie muy abundante: *Turdus falcklandii* (33% de los registros de aves). Este resultado concuerda con estudios previos, donde *Turdus falcklandii* se ha registrado como el ave más abundante en parques urbanos de la ciudad de Santiago (Amaya-Espinel et al. 2019, Estados 1995).

La comunidad de aves en áreas residenciales presentó una baja diversidad y fue fuertemente dominada por una especie, *Passer domesticus* (69% de los registros), seguida por *Columba livia* (9% de los registros). Estas especies exóticas y sinantrópicas son abundantes en ambientes urbanos y contribuyen a la homogeneización de las ciudades alrededor del mundo (McKinney 2006, Silva et al. 2016). Las áreas residenciales evaluadas en nuestro estudio presentaron una baja cobertura de árboles y arbustos, factor que contribuiría a una alta abundancia de *Passer domesticus* en la ciudad (Benito et al. 2019).

Riqueza y abundancia de aves. Los sitios baldíos y los parques urbanos presentaron una mayor riqueza de especies (total y de especies nativas) que las áreas residenciales, además de una alta abundancia de aves nativas. Aunque la composición y estructura de la vegetación en sitios baldíos y en parques urbanos es muy diferente (Figura 1, Tabla 1), la vegetación presente en ambos ambientes promueve una alta riqueza y abundancia de especies de aves nativas en la ciudad. La vegetación proveería refugio y alimento para una variedad de especies de aves nativas (Benito et al. 2019), contribuyendo a una mayor riqueza y abundancia de aves en ambientes urbanos (Leveau 2019).

Al analizar los diferentes gremios tróficos, los sitios baldíos presentaron una alta riqueza y abundancia de aves granívoras e insectívoras. Como se mencionó anteriormente, los

sitios baldíos proveen abundante oferta de semillas para las aves. Además, los pastizales también presentan una variedad de insectos (Robinson & Lundholm 2012), lo que puede explicar la mayor abundancia de aves insectívoras en sitios baldíos que en otros ambientes. Por ejemplo, aves insectívoras de ambientes abiertos, como *Tachycineta meyeri* y *Anthus correndera* (especie más abundante en áreas rurales y que ha sido escasamente documentada en la ciudad), alcanzaron una mayor abundancia en sitios baldíos que en parques y áreas residenciales.

Las áreas residenciales presentan condiciones que promueven una mayor abundancia de aves omnívoras, en particular, de especies sinantrópicas como *Passer domesticus*. Esta especie se alimenta de una gran variedad de alimentos, incluidos granos, semillas, insectos y restos de alimentos consumidos por los humanos. Utiliza construcciones humanas para refugiarse y nidificar, y alcanza una alta abundancia en áreas urbanas (Benito et al. 2019, Lim & Sodhi 2004, Silva et al. 2016).

Las aves omnívoras también fueron abundantes en parques urbanos. El manejo y el diseño de estas áreas verdes comúnmente considera árboles adultos y un suelo dominado por prados altamente manejados (incluidos riego y corta frecuentes). Este ambiente ofrece un hábitat con abundantes recursos para aves omnívoras, como *Turdus falcklandii* (Amaya-Espinel et al. 2019). Durante el estudio, frecuentemente observamos varios individuos forrajeando activamente y alimentándose de lombrices y otros invertebrados en el césped, además de utilizar los árboles como sitios para posarse, refugiarse, nidificar y alimentarse de sus frutos.

Influencia de las variables del hábitat sobre la riqueza y la abundancia de aves. La cobertura herbácea promovió una mayor riqueza y abundancia de aves. La vegetación herbácea provee abundante oferta de alimento, incluyendo semillas e invertebrados (Figueroa et al. 2020, Robinson & Lundholm 2012), lo que favorecería una alta riqueza y abundancia de aves nativas. Además, una mayor cobertura herbácea reflejó un menor nivel de urbanización en los sitios, ya que se asoció negativamente con la cobertura de superficies impermeables y construcciones. Estos resultados concuerdan con lo reportado en un gradiente de urbanización en la ciudad de Mar del Plata, Argentina (Leveau & Leveau 2004).

La cobertura de suelo desnudo en el sitio promovió una mayor abundancia de aves, lo que refleja el efecto positivo del suelo desnudo sobre la abundancia de aves nativas. El suelo desnudo puede ayudar a que sea más fácil encontrar alimento (por ejemplo granos sobre el suelo), lo que contribuye a un mayor éxito de forrajeo y a una mayor abundancia de aves en la ciudad (Perepelizin & Faggi 2009). Especies granívoras abundantes como *Zenaida auriculata* y *Zonotrichia capensis* fueron avistadas frecuentemente forrajeando sobre el suelo desnudo en la proximidad a áreas cubiertas por pastos o bajo la cobertura de árboles y arbustos.

Notamos que los sitios baldíos fueron estructuralmente menos complejos que los parques y las áreas residenciales, pero presentaron una alta diversidad de aves. Sería interesante que futuros estudios con un mayor número de sitios investiguen si la diversidad del hábitat promueve una mayor diversidad de aves en sitios baldíos. Otros estudios han encontrado que una mayor diversidad del hábitat contribuiría a una mayor diversidad de aves, tanto en parques urbanos

(Estades 1995) como a lo largo de gradientes urbano-rurales (Leveau 2019). En sitios baldíos, la diversidad estructural de la vegetación y la cobertura de arbustos se podrían asociar con la cantidad de sitios para la construcción de nidos de aves (Rega-Brodsky & Nilon 2016), lo que puede generar diferencias en el éxito reproductivo.

Sitios baldíos y la conservación de aves en ciudades. En la ciudad de Santiago de Chile, los sitios baldíos mantuvieron una comunidad de aves diversa, con baja dominancia, con alta riqueza de especies y alta abundancia de aves, en los que la comunidad estuvo compuesta principalmente por especies nativas con dietas especialistas, como aves granívoras e insectívoras. Estos resultados complementan nuestro reporte sobre la importancia de sitios baldíos para mantener aves nativas en la ciudad, brindando hábitat para diferentes especies de aves, incluidas especies que no son comunes en el ambiente urbano (Villaseñor et al. 2020). La importancia de los sitios baldíos como una herramienta para la conservación de aves está comenzando a ser explorada en Latinoamérica. Por ejemplo, Zuñiga-Palacios et al. (2020) reportó la importancia de sitios baldíos, tanto pequeños como grandes, para la conservación de aves en el área metropolitana de Pachuca, Hidalgo, México. Esperamos que nuestro trabajo sirva de motivación para el desarrollo de nuevas líneas de investigación sobre la contribución del “espacio verde informal” para la conservación de biodiversidad en ciudades de Latinoamérica y el Caribe.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el financiamiento de ANID – FONDECYT Postdoctorado No. 3170179 otorgado a NRV. NRV agradece el financiamiento de ANID-FONDECYT iniciación 11201045.

REFERENCIAS

- Amaya-Espinel, JD, M Hostetler, C Henríquez & C Bonacic (2019) The influence of building density on Neotropical bird communities found in small urban parks. *Landscape and Urban Planning* 190: 103578.
- Arroyo, MK, P Marquet, C Marticorena, J Simonetti, L Cavieres, F Squeo, J Simonetti, R Rozzi & F Massardo (2008) El hotspot chileno, prioridad mundial para la conservación. Diversidad de ecosistemas, ecosistemas terrestres. Pp. 90–93 in Comisión Nacional del Medio Ambiente (ed). *Biodiversidad de Chile, Patrimonio y Desafíos*. Ocho Libros Editores, Santiago, Chile.
- Barton, K (2013) Package ‘MuMIn’. *MuMIn: Multi-model inference*. Version 1.9.13.
- Bates, D, M Maechler, B Bolker & S Walker (2015) Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software* 67: 1–48.
- Benito, JF, MAH Escobar & NR Villaseñor (2019) Conservación en la ciudad: ¿Cómo influye la estructura del hábitat sobre la abundancia de especies de aves en una metrópoli Latinoamericana? *Gayana* 83: 114–125.
- Bibby, CJ, ND Burgess, DA Hill & S Mustoe (2000) Line transects. Pp. 65–90 in Bibby, CJ, ND Burgess, DA Hill & S Mustoe (eds). *Bird Census Techniques*. 2nd ed. Academic Press, UK.
- Bolker, BM, ME Brooks, CJ Clark, SW Geange, JR Poulsen, MHH Stevens, et al. (2009) Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution* 24: 127–135.
- Botzat, A, LK Fischer & I Kowarik (2016) Unexploited opportunities in understanding liveable and biodiverse cities. A review on urban biodiversity perception and valuation. *Global Environmental Change* 39: 220–233.
- Branas, CC, E South, MC Kondo, BC Hohl, P Bourgois, DJ Wiebe & JM MacDonald (2018) Citywide cluster randomized trial to restore blighted vacant land and its effects on violence, crime, and fear. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115: 2946–2951.
- Burnham, KP & DR Anderson (2002) *Model selection and multimodel inference: A practical information-theoretical approach*. 2nd ed. Springer-Verlag, New York, USA.
- Callaghan, CT, RE Major, JH Wilshire, JM Martin, RT Kingsford & WK Cornwell (2019) Generalists are the most urban-tolerant of birds: a phylogenetically controlled analysis of ecological and life history traits using a novel continuous measure of bird responses to urbanization. *Oikos* 128: 845–858.
- Chao, A, NJ Gotelli, TC Hsieh, EL Sander, KH Ma, RK Colwell, et al. (2014) Rarefaction and extrapolation with Hill numbers: a framework for sampling and estimation in species diversity studies. *Ecological Monographs* 84: 45–67.
- Cultid-Medina, C & F Escobar (2019) Pautas para la estimación y comparación estadística de la diversidad biológica (qD). Pp.175–202 in Moreno C (ed). *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.
- de Araujo Larangeira, A (2003) *Vacant land in Latin America: challenges and opportunities*. Lincoln Institute of Land Policy, Cambridge, UK.
- del Hoyo, J, A Elliott, J Sargatal, DA Christie & G Kirwan (2019) *Handbook of the birds of the world alive*. Lynx Editions, Barcelona, España.
- Escobar-Ibáñez, JF & I MacGregor-Fors (2017) What’s new? An updated review of avian ecology in urban Latin America. Pp. 11–31 in Escobar-Ibáñez, JF & I MacGregor-Fors (eds). *Avian ecology in Latin American cityscapes*. Springer, Switzerland.
- Estades, CF (1995) Aves y vegetación urbana: el caso de las plazas. *Boletín Chileno de Ornitología* 2: 7–13.
- Etienne, M & CD Prado (1982) Descripción de la vegetación mediante la cartografía de la ocupación de tierras. Conceptos y manual de uso práctico. *Revista Ciencias Agrícolas* 10. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Universidad de Chile, Santiago, Chile.
- Evans, KL, SE Newson & KJ Gaston (2009) Habitat influences on urban avian assemblages. *Ibis* 151: 19–39.
- Figueroa, JA, G Saldías, S Teillier, E Carrera & SA Castro (2020) Seed banks in urban vacant lots of a Latin American megacity are easily germinable and strongly dominated by exotic flora. *Urban Ecosystems* 23: 945–955.
- Fox, J (2003) Effect Displays in R for Generalised Linear Models. *Journal of Statistical Software* 8: 27.
- Gutiérrez-Tapia, P, MI Azócar & SA Castro (2018) A citizen-based platform reveals the distribution of functional groups inside a large city from the Southern Hemisphere: e-Bird and the urban birds of Santiago (Central Chile). *Revista Chilena De Historia Natural* 91: 3.
- Hsieh, TC, KH Ma & A Chao (2020) Package ‘iNEXT’. *iNEXT: iNterpolation and EXtrapolation for species diversity*. Version 2.0.20.
- INE (2015) *Medio Ambiente, informe anual. Periodo de información: 2009 – 2013*. Santiago, Chile.
- INE (2018) *Chile: ciudades, pueblos, aldeas y caseríos*. Santiago, Chile.
- Kwok, R (2018) News feature: Accidental urban oases. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115: 4800–4804.
- Lepczyk, CA, MF Aronson, KL Evans, MA Goddard, SB Lerman & JS MacIvor (2017) Biodiversity in the city: Fundamental questions for understanding the ecology of urban green spaces for biodiversity conservation. *Bioscience* 67: 799–807.
- Leveau, LM (2019) Primary productivity and habitat diversity predict bird species richness and composition along urban-rural gradi-

- ents of central Argentina. *Urban Forestry & Urban Greening* 43: 126349.
- Leveau, LM & CM Leveau (2004) Bird communities along an urban gradient in Mar del Plata City, Argentina. *El Hornero* 19: 13–21.
- Lim, HC & NS Sodhi (2004) Responses of avian guilds to urbanisation in a tropical city. *Landscape and Urban Planning* 66: 199–215.
- MacGregor-Fors, I & JF Escobar-Ibáñez (2017) Birds from urban Latin America, where economic inequality and urbanization meet biodiversity. Pp. 1–10 in MacGregor-Fors, I & JF Escobar-Ibáñez (eds). *Avian ecology in Latin American cityscapes*. Springer, Switzerland.
- Magle, SB, VM Hunt, M Vernon & KR Crooks (2012) Urban wildlife research: Past, present, and future. *Biological Conservation* 155: 23–32.
- Marín, M (2000) The shiny cowbird (*Molothrus bonariensis*) in Chile: Introduction or dispersion? Its hosts and parasitic trends. *Ornitología Neotropical* 11: 285–296.
- Mazerolle, MJ (2017) Package 'AICcmodavg'. *AICcmodavg: Model selection and multimodel inference based on (Q)AIC(c)*. Version 2.1-1.
- McKinney, ML (2006) Urbanization as a major cause of biotic homogenization. *Biological Conservation* 127: 247–260.
- Mittermeier, RA, CG Mittermeier & P Robles Gil (1997) *Megadiversity: earth's biologically wealthiest nations*. 1st ed. CEMEX, Mexico City, Mexico.
- Myers, N, RA Mittermeier, CG Mittermeier, GAB da Fonseca & J Kent (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: 853–858.
- Nielsen, AB, M van den Bosch, S Maruthaveeran & CK van den Bosch (2014) Species richness in urban parks and its drivers: A review of empirical evidence. *Urban Ecosystems* 17: 305–327.
- Observatorio de ciudades (2012) Investigación para la caracterización y valorización de predios eriazos de Valparaíso y Santiago. Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.
- Perepelizin, P & A Faggi (2009) Diversidad de aves en tres barrios de la ciudad de Buenos Aires, Argentina. *Multequina* 18: 71–85.
- R Core Team (2017) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rega-Brodsky, CC & CH Nilon (2016) Vacant lots as a habitat resource: nesting success and body condition of songbirds. *Ecosphere* 7: e01578.
- Robinson, SL & JT Lundholm (2012) Ecosystem services provided by urban spontaneous vegetation. *Urban Ecosystems* 15: 545–557.
- Rupprecht, CDD & JA Byrne (2014) Informal urban greenspace: A typology and trilingual systematic review of its role for urban residents and trends in the literature. *Urban Forestry & Urban Greening* 13: 597–611.
- Rupprecht, CDD, JA Byrne, JG Garden & JM Hero (2015) Informal urban green space: A trilingual systematic review of its role for biodiversity and trends in the literature. *Urban Forestry & Urban Greening* 14: 883–908.
- Silva, CP, RD Sepúlveda & O Barbosa (2016) Nonrandom filtering effect on birds: species and guilds response to urbanization. *Ecology and Evolution* 6: 3711–3720.
- Stattersfield, AJ, M Crosby, AJ Long & DC Wege (1998) *Endemic Bird Areas of the World*. BirdLife International, Cambridge, UK.
- United Nations (2018) *2018 Revision of the World Urbanization Prospects*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York, United States.
- Villaseñor, NR & MAH Escobar (2019) Cemeteries and biodiversity conservation in cities: how do landscape and patch-level attributes influence bird diversity in urban park cemeteries? *Urban Ecosystems* 22: 1037–1046.
- Villaseñor, NR, LA Chiang, HJ Hernández & MAH Escobar (2020) Vacant lands as refuges for native birds: An opportunity for biodiversity conservation in cities. *Urban Forestry & Urban Greening* 49: 126632.
- Zuñiga-Palacios, J, I Zuria, CE Moreno, RC Almazán-Núñez & M González-Ledesma (2020) Can small vacant lots become important reservoirs for birds in urban areas? A case study for a Latin American city. *Urban Forestry & Urban Greening* 47: 126551.