

# Una avifauna en cambio: 26 años de conteos navideños en la Sabana de Bogotá, Colombia

## A changing avifauna: 26 years of Christmas Bird Counts in the Sabana de Bogota, Colombia

F. Gary Stiles<sup>1,2</sup>, Loreta Rosselli<sup>1,3</sup> & Sussy De La Zerda<sup>1,4</sup>

<sup>1</sup>Asociación Bogotana de Ornitología, Bogotá D.C., Colombia

<sup>2</sup>Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C., Colombia

<sup>3</sup>Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A., Bogotá D.C., Colombia

<sup>4</sup>American Bird Conservancy ABC, The Plains, Virginia, USA

✉ lrosselli@yahoo.com

### Resumen

El Conteo Navideño de aves en la Sabana de Bogotá se realiza anualmente desde 1989. Presentamos los resultados de los primeros 26 años (1989–2014) para detectar cambios en la presencia y las abundancias de las especies de aves e intentar relacionarlos con cambios en el clima, la vegetación, las interacciones entre especies y las actividades humanas. Los conteos corresponden a 29 localidades clasificadas en terrestres, mixtas o acuáticas según la composición de sus avifaunas. En cuatro sitios comparamos los patrones de recambio de especies entre años sucesivos. Calculamos para cada especie el número de años y número de sitios de registro, así como el promedio de individuos observados por año de registro. Analizamos los cambios de abundancia a lo largo de los 26 años de todas las especies registradas en seis o más años mediante regresiones lineales. Registramos 234 especies de aves: 126 residentes permanentes, 43 residentes estacionales (migratorias boreales invernantes) y 65 visitantes; las residentes fueron más abundantes y registradas por más años y sitios. Contamos más especies en los sitios terrestres con bosques nativos conservados; en los sitios acuáticos registramos más individuos debido a las especies gregarias. En los sitios con bosques conservados, las especies cambiaron poco en años sucesivos mientras las tasas de recambio fueron más altas en un parque urbano grande y un humedal. En este período, 49 especies aumentaron en abundancia, 30 disminuyeron y 74 no cambiaron; casi todos los cambios de abundancia ocurrieron entre las residentes. Seis especies se establecieron como residentes mientras cuatro aparentemente desaparecieron. En el intervalo estudiado, las influencias del cambio climático y las acciones directas o indirectas del hombre parecen haber afectado a más especies, especialmente por obras en los humedales y la urbanización; la contaminación aérea urbana aumentó el calentamiento, posiblemente facilitando el establecimiento de algunas especies de elevaciones menores. Información de los años 1960s indica que desde ese tiempo el drenaje de muchos humedales afectó más a la avifauna; el cambio climático tuvo una menor influencia. Hacia el futuro, seguramente se intensificará el calentamiento global, llevando a desaparecer algunas especies más de las montañas locales mientras más especies de zonas cálidas podrían establecerse en la parte plana. En conclusión, resulta relevante monitorear las aves a largo plazo usando los conteos navideños. Presentamos algunas recomendaciones para los que están considerando iniciar conteos, y sugerencias para análisis de los datos para los que ya están haciendo esfuerzos de monitoreo similares.

**Palabras clave:** Andes, cambio climático, conservación, monitoreo de poblaciones, urbanización, cambios de vegetación

### Abstract

The Christmas Bird Counts of the Sabana de Bogotá have been made continuously since 1989. Here we present the results of the first 26 counts (1989–2014), to detect changes in the presence and abundances of bird species over this interval, in relation to concurrent changes in climate, vegetation, species interactions and direct or indirect effects of human activities. The counts were made in 29 localities, classified as terrestrial, aquatic or mixed according to the composition of their avifaunas. In four sites we compared changes in species presence in successive years. We calculated the number of years, sites and abundance per year and site for all species observed. For all species recorded in six or more years, we calculated abundance changes over all 26 years with linear regressions. We recorded a total of 234 species, including 126 permanent and 43 seasonal residents (mostly wintering boreal migrants) and 65 short-term visitors. Resident species were more

abundant and were recorded in more sites and years. Over the count period, 49 species increased in abundance, 30 declined and 74 showed no apparent changes; nearly all of the changes occurred in resident species. Six species from lower elevations became established as residents and four apparently disappeared. Year-to-year changes in species were much higher in an urban park and wetland than in sites with forest. Among the potential causal factors, climate change and direct and indirect human actions affected more species, but natural succession of vegetation and interactions like predation and parasitism affected certain species severely. The most important human actions involved alterations in some wetlands and urbanization, in which urban aerial pollution accentuated warming trends, possibly facilitating establishment of some species from lower elevations. Looking to the past, information from the 1960s suggests that the greatest changes in the avifauna since then resulted from wetland drainage, although climate change may have also played a lesser role. In the future, global warming will undoubtedly intensify, potentially causing the disappearance of more species from the surrounding mountains, while more species from lower elevations will colonize the flat part of the Sabana. In conclusion, it will be important to continue monitoring this avifauna with Christmas Bird Counts and extending such counts to other areas of the continent. We end with a series of recommendations for those considering initiating such counts, and regarding data analysis for those now engaged in these or similar monitoring efforts.

**Key words:** Andes, climate change, conservation, population monitoring, urbanization, vegetation changes

## Introducción

Los estudios multianuales de las poblaciones y comunidades de aves tienen una larga historia en Europa y Norteamérica, en donde han hecho contribuciones fundamentales al desarrollo de la ciencia de la ecología (*e.g.*, Savill *et al.* 2010, Holmes & Likens 2016). Otro ejemplo notable es el de los Conteos Navideños de aves de la Sociedad Audubon, que comenzaron en 1900 en los Estados Unidos bajo el liderazgo del eminente ornitólogo Frank M. Chapman (Stiles 2013). Entre los intereses de Chapman estaba estimular la apreciación popular y la conservación de las aves, y los Conteos Navideños representaban una actividad ideal para participación no solo de profesionales sino también de aficionados – lo que actualmente se llama “ciencia ciudadana o participativa”. Esta iniciativa cogió fuerza rápidamente en Norteamérica; el número de conteos aumentó de forma exponencial y actualmente se realizan más de 2500 conteos involucrando miles de observadores cada año (LeBaron 2017). Este éxito de los conteos se debe en parte a su coincidencia con las vacaciones navideñas, lo cual ha facilitado la participación de muchos observadores. Anualmente la Sociedad Audubon recopila y publica los resultados de

todos los conteos del año anterior. Como resultado, se sigue generando una enorme cantidad de datos sobre las distribuciones y abundancias invernales de aves norteamericanas a una escala continental a través del tiempo. Sin embargo, por sus fechas, los conteos navideños norteamericanos no dan información sobre las poblaciones de las especies migratorias que salen del continente hacia latitudes tropicales para invernar. Por esto, adquiere importancia desarrollar programas de conteos navideños en el Neotrópico, con un beneficio adicional: como la mayoría de las especies de aves neotropicales es de residentes permanentes, tales conteos podrían proveer información más completa sobre el estado de sus avifaunas.

Sin embargo, el monitoreo a largo plazo de la avifauna aún está en su infancia en el Neotrópico (pero ver Stouffer *et al.* 2020), en parte debido a su alta diversidad y en parte por la falta de una tradición de la observación de aves, tan arraigada en Norteamérica y Europa. El objetivo principal de los ornitólogos profesionales había sido inventariar y clasificar las aves neotropicales mediante colecciones ornitológicas y especímenes de museo y pocos de ellos dedicaron atención a estimular el interés y participación de aficionados. Una excepción fue

Olrog (1959), quien escribió e ilustró una guía de campo de las aves de Argentina – la primera guía de este tipo en Sudamérica. En el resto del continente, la falta de guías de campo siempre fue una limitante para esta participación popular; sólo en el último cuarto de ese siglo aparecen publicadas guías de campo bien ilustradas y en español (o portugués), entre las primeras siendo la de Venezuela de Phelps & Meyer de Schauensee (1978).

En Colombia, los primeros Conteos Navideños fueron realizados por observadores norteamericanos del programa de los Cuerpos de Paz de los Estados Unidos en la década de los 1970s, pero no lograron estimular el interés popular y no se continuaron. La publicación de la guía de Hilty & Brown (1986) comenzó a promover la observación de las aves, y la publicación de su traducción al español por Humberto Álvarez-López en 2001 detonó una explosión en el número de observadores aficionados en el país. Justo en 1986 se produjo un primer ensayo de un Cuento Navideño por LR, SDLZ y dos compañeras en Tabio, un municipio al noroeste de Bogotá. Dos años después, se intentó un conteo incluyendo seis grupos en siete sitios de la Sabana de Bogotá, lo cual demostró la factibilidad de realizar Conteos Navideños en el país. Al formarse en 1989, la Asociación Bogotana de Ornitología – ABO – designó como actividad “insignia” realizar un Cuento Navideño anualmente bajo las reglas de la Sociedad Audubon. Esta iniciativa estimuló el interés de otras sociedades ornitológicas locales formadas desde 1979 y pronto comenzó una proliferación de conteos, consolidada con la formación de la Red Nacional de Observadores de Aves (RNOA) en 2001 con el apoyo del Instituto Humboldt; en 2002 la RNOA se encargó de la coordinación de los Conteos Navideños. Hoy se realizan más de 30 Conteos Navideños en varias partes del país. A estos se agregó en 2005 uno y después dos

Censos Nacionales de Aves Acuáticas anuales, liderados por la Asociación Calidris. La continuación de estos conteos hasta hoy ha establecido la prominencia de Colombia en el monitoreo de sus aves en el continente. De hecho, los Conteos Navideños de la Sabana de Bogotá ya representan el monitoreo de más largo plazo de cualquier grupo de vertebrados terrestres en el país.

Dos temas de interés especial en la ornitología actual son la expansión de la urbanización y el cambio climático por calentamiento global, por sus efectos sobre la biodiversidad. Por ser abundantes, ampliamente distribuidas, relativamente fácil de observar y buenos indicadores del estado de los hábitats, las aves han sido sujeto de mucho estudio en ambos contextos. Aunque la ecología de aves urbanas lleva medio siglo de estudios en las latitudes templadas de Europa y Norteamérica (Marzluff *et al.* 2008), el despegue de interés en este tema en el Neotrópico ha sido más lento, provocando llamados de atención para ornitólogos neotropicales por Ortega-Álvarez & MacGregor-Fors (2011) y Delgado & Correa (2013). Sólo en la última década ha habido un incremento muy notable de estudios sobre la ecología urbana de las aves (Escobar-Ibañez & MacGregor-Fors 2017, Cediell & Lozano-Flórez 2020). Los efectos ecológicos de la urbanización sobre las aves incluyen una reducción de la diversidad y aumento de densidad de pocas especies en áreas urbanas, interrupción de interacciones interespecíficas y servicios ecosistémicos, impactos contra estructuras, contaminación por productos de desechos humanos y peligros de epidemias transmitidos por parásitos o microbios: para resúmenes de varios de estos temas, véase Chace & Walsh (2006), Devictor *et al.* (2007), Santiago-Alarcón & Delgado-V. (2017) e Isaakson (2018). Los estudios recientes son principalmente a corto plazo, como cambios de las avifaunas a lo

largo de gradientes entre hábitats rurales y urbanos (v. *gr.*, Leveau *et al.* 2018, Toledo *et al.* 2012). Los pocos estudios de largo plazo son de inventarios separados por décadas con pocos o incompletos datos entre ellos (*e.g.*, Stiles 1990, Castaño & Castaño 2000, Biamonte *et al.* 2011, Vasconcelos *et al.* 2013).

El cambio climático debido al calentamiento global representa una amenaza para la biodiversidad que indudablemente se intensificará en las próximas décadas. Una de las predicciones de los modelos teóricos del cambio climático es que sus efectos podrían ser más drásticos y preocupantes para las aves de las montañas tropicales (*e.g.*, Şekerçioğlu *et al.* 2012, Velásquez-Tibatá *et al.* 2012, Wilsey *et al.* 2017, Helmer *et al.* 2019), pero aún hacen falta más datos concretos de sus efectos sobre las avifaunas. La mayoría de los estudios publicados comparan muestreos recientes de las distribuciones altitudinales y las abundancias de las aves de sitios o transectos con los hechos décadas atrás (*e.g.*, Forero-Medina *et al.* 2011, Rosselli *et al.* 2017), pero solo Pounds *et al.* (1999) hicieron un seguimiento continuo a lo largo de casi dos décadas. Un aspecto particular de la ecología urbana es la tendencia de aumentar las temperaturas de las ciudades debido a la reflectividad de sus superficies duras y la contaminación aérea por emisiones de CO<sub>2</sub>, formando "islas de calor" locales cuyas intensidades aumentan según el tamaño de la ciudad (Oke 1973). En Bogotá, Ángel *et al.* (2010) registraron temperaturas dentro de la isla de calor de hasta 3°C por encima de los valores obtenidos en la periferia de la ciudad. Un aspecto poco estudiado hasta ahora ha sido la posible sinergia entre el cambio climático y las islas de calor (Alcoforado & Andrade 2008) en el contexto de los cambios altitudinales de las aves. Por lo tanto, la información obtenida a lo largo de 26 años por los Conteos Navideños en la ciudad y sus montañas circundantes puede representar

una contribución importante en la intersección de estos temas de preocupación actual.

El objetivo general de estos Conteos Navideños ha sido obtener un inventario detallado de la avifauna de un sector representativo de la Sabana de Bogotá, con sus montañas circundantes, y llevar a cabo un monitoreo a largo plazo para detectar oportunamente los cambios en esta avifauna. Vale la pena enfatizar que el enfoque de nuestros Conteos Navideños es la avifauna de la Sabana de Bogotá y no específicamente la de la ciudad de Bogotá. Sin embargo, mencionamos algunos cambios de esta avifauna urbana dado que parte de la ciudad está incluida en el área de estudio y en la medida en que tengan implicaciones para entender los cambios de la avifauna en el contexto más amplio de la Sabana.

Los objetivos específicos de este estudio fueron: **i)** Caracterizar la avifauna del círculo del conteo en términos de su riqueza total y su estructura taxonómica y estados de presencia en el círculo; **ii)** Evaluar los sitios del conteo en términos de los hábitats que incluyen, los años censados y la continuidad de los conteos y sus composiciones de especies, y definir las asociaciones entre las especies y sus hábitats más usados; **iii)** Definir las asociaciones de las frecuencias (números de años detectados), distribuciones (números de sitios en que se registraron) y abundancias (promedios de números de individuos registrados en los años en que fueron detectados) de las especies con respecto a sus estados de presencia y uso de hábitats y sitios; **iv)** Calcular las tendencias de las abundancias de las especies a lo largo del período de los conteos, ajustando los cálculos para la presencia de sus hábitats más usados en los sitios de sus registros; y **v)** Intentar explicar las tendencias de abundancia de las diferentes especies en el círculo con varios factores: cambios en los hábitats provocados por el hombre o procesos naturales, interacciones entre especies y

cambio climático.

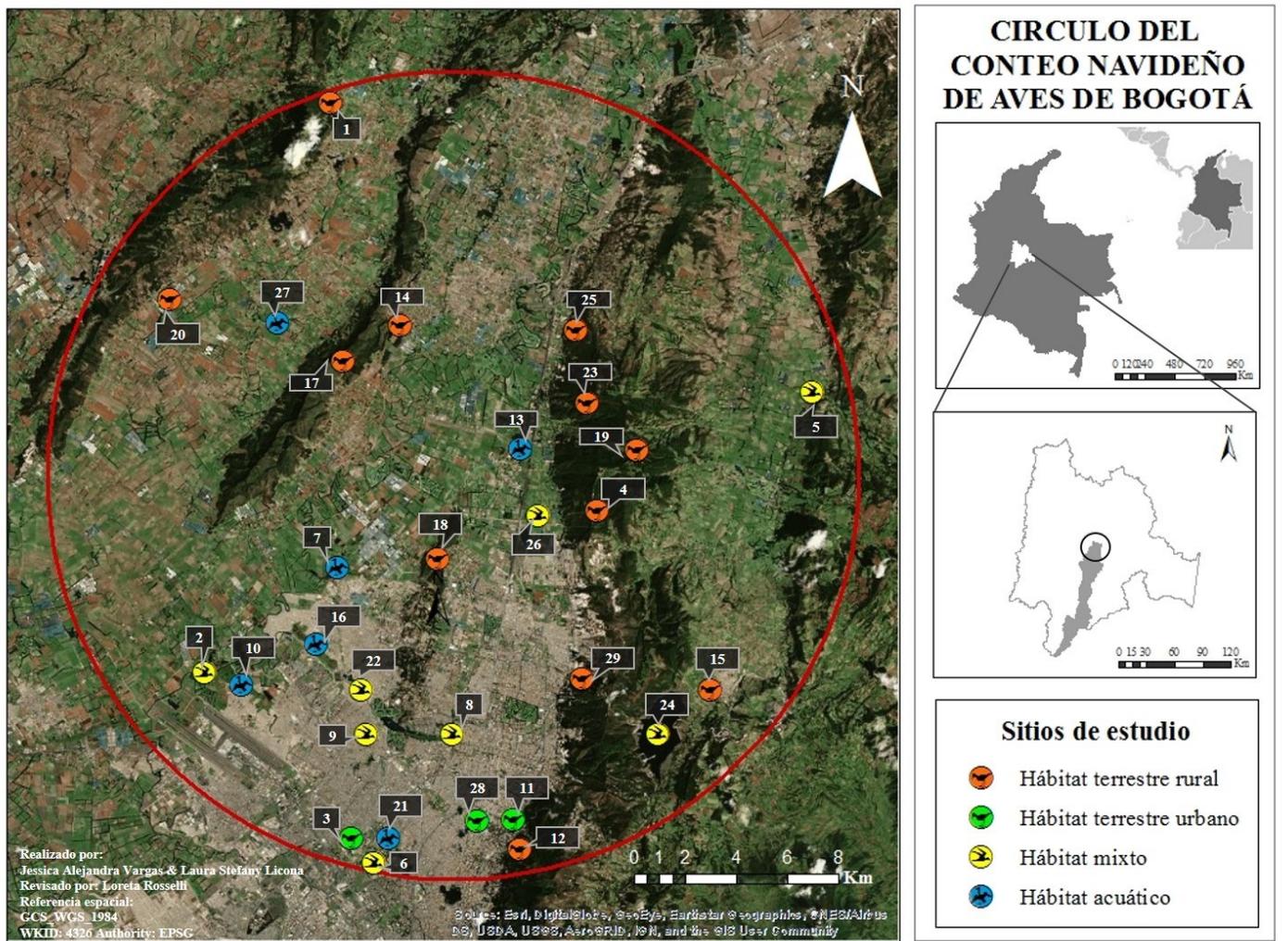
Ya publicamos para un foro internacional parte de los resultados del estudio, con énfasis en la importancia del cambio climático (Stiles *et al.* 2017). Aquí presentamos esta información más dirigida hacia lectores en el Neotrópico, extendiendo más detalle sobre las especies, sitios y análisis. Con esto queremos estimular y orientar el desarrollo de más conteos navideños en el Neotrópico, región rica en aves, en donde aún hacen falta tales monitoreos, así como resaltar la importancia de publicar los resultados y tendencias.

## Métodos

**Área de estudio.**- La Sabana de Bogotá es un altiplano en la cordillera Oriental de los Andes colombianos, que hace unos 30 000 años era el fondo de un gran lago, a una elevación de *ca.* 2600m. El clima es templado con una temperatura promedio anual de 13,5°C y una precipitación entre los 500 y 700 mm anuales con un gradiente de aumento de sur a norte (Guhl 1981). Experimenta dos épocas lluviosas y dos secas durante el año: el período de los Conteos Navideños ocurre durante la transición entre la época lluviosa de octubre a diciembre y la seca que se extiende entre finales de diciembre o enero hasta marzo. Los hábitats originales de este altiplano probablemente eran pastizales nativos, humedales que cambiaban sus extensiones según las variaciones de las lluvias y áreas de bosques alrededor de los humedales en la parte plana (van der Hammen & González 1963, Guhl 1981). La Sabana está bordeada hacia el este por una rama de la cordillera Oriental (llamada los Cerros Orientales) que alcanza elevaciones de hasta *ca.* 3200 m y hacia el oeste, por unos cerros más bajos que caen abruptamente hacia el valle del Magdalena. Atravesando la Sabana en dirección norte-sur hay tres pequeñas cordilleras internas

que antes eran islas del lago (los Cerros de Suba, Majuy y Juaica) que alcanzan elevaciones entre *ca.* 2800 y 3150 m (Fig. 1). Todos estos cerros estaban cubiertos de bosques más altos y densos que los de la parte plana, con algunas áreas de subpáramo y páramo en sus partes más altas. Al este de los Cerros Orientales está el valle del río Teusacá, que en su parte más baja hacia el norte formaba un brazo del antiguo lago, con bosques y páramos en la parte más alta de su cuenca.

A partir de *ca.* 12 500 años antes del presente hay evidencias de asentamientos humanos permanentes con los primeros indicios de agricultura. Los Muisca ocuparon la Sabana a partir del siglo VIII y practicaban una agricultura más intensiva, transformando áreas de la parte plana con acequias y zanjas de riego para cultivar hortalizas nativas y maíz (para información más detallada, véase la recopilación de Enciso & Thieren 1996). A lo largo del período colonial y luego de la independencia, la modificación de la vegetación se volvió más intensa por la tala de los bosques de la parte plana para cultivos y ganadería, así como de los cerros para extraer material de construcción y leña, además del drenaje progresivamente más extenso de los humedales. Fotos de las primeras décadas del siglo XX muestran una Sabana de pastizales abiertos y secos, con cerros casi totalmente deforestados y cubiertos de matorrales secundarios de bajo porte (véase la lámina 17 de Chapman 1917). Al fin del siglo XX, la vegetación de los Cerros abarcaba bosques y matorrales secundarios de vegetación nativa, con áreas de bosques de eucaliptos o pinos sembrados a partir de los años 1960s; la mayoría de los árboles de la zona plana eran exóticos, principalmente *Acacia* spp. y *Eucalyptus globulus*, originalmente sembrados para ayudar a secar los humedales, de los cuales actualmente solo queda menos de 5% de su área original (Andrade 1998). Otra introducción transformadora fue la del pasto



**Figura 1.** Localización del círculo del conteo navideño de aves de la sabana de Bogotá y los puntos de observación. Nombres de los puntos en Tabla 1.

kikuyo para mejorar la ganadería. Este pasto fue introducido en Colombia en 1928 y su siembra fue rápidamente acogida en Tolima y Cauca (Patiño 1989), a pesar de las objeciones de Pérez-Arbeláez (1935). Introducido en la Sabana a mediados del siglo XX, el kikuyo efectivamente llegó a eliminar a los pastos nativos de macollas excepto en los bordes más secos del sur. El crecimiento acelerado de la ciudad de Bogotá hacia el oeste y norte y en algunos sectores de los Cerros Orientales ha reemplazado extensas áreas rurales con urbanizaciones, un proceso que continúa hasta la fecha (Anónimo 2018).

**Protocolo de observación.-** El procedimiento

básico de un Conteo Navideño de la Sociedad Audubon fue estandarizado por Arbib (1981,1982). Las reglas son: durante las 24 horas de un día entre aproximadamente el 14 de diciembre y el 5 de enero, grupos de observadores identifican y cuentan todas las aves detectadas dentro de un círculo de 15 millas (*ca.* 24 km) de diámetro con centro fijo. Los grupos hacen sus conteos en sitios específicos o a lo largo de rutas fijas dentro del círculo con hábitats representativos del círculo en general. Cada grupo anota las distancias recorridas y el medio del transporte (a pie, en carro, en bote, etc.), las condiciones ambientales durante su conteo, y las horas del comienzo y terminación. No hay un número fijo de personas

por grupo, pero cada grupo debe tener un coordinador familiarizado con las aves y hábitats del sitio a contar que se encarga de recopilar los datos de su grupo. Al final del conteo, los coordinadores de los grupos pasan los datos de sus grupos al coordinador del conteo, quien los recopila para obtener los resultados totales del conteo. Otra responsabilidad del coordinador del conteo es velar por las identificaciones correctas de las especies reportadas y comunicarse con los coordinadores de grupos para solicitar detalles sobre identificaciones de especies inesperadas, novedosas o de difícil identificación. Para corregir por las variaciones del esfuerzo entre conteos, se reúnen los datos de todos los grupos en una medida global como número de horas-grupo o distancias-grupo para facilitar las comparaciones entre años. Al tener los resultados del conteo completos y verificados, el coordinador los transmite al centro de recopilación regional para el envío de los datos a la Sociedad Nacional Audubon para su publicación (o si no hay un centro regional, directamente a la Sociedad).

Este método está diseñado para asegurar en lo posible que los resultados de los diferentes conteos sean comparables entre grupos y años. Sin embargo, como en cualquier actividad realizada por grupos de observadores que cambian de un año a otro, puede haber problemas de estandarización y comparabilidad debido a diferentes números y grados de experiencia de los observadores, diferentes horarios o tamaños de grupos, cambios de sitios o rutas y otros "factores de error humano", además de las variaciones del clima de un año a otro. Por esto, es importante que los coordinadores de grupos conozcan los sitios y las aves, y que el coordinador del conteo conozca bien el círculo, sus hábitats y sus aves: la continuidad de los coordinadores es muy importante para reducir las variaciones debido al factor humano que siempre están presentes.

**El círculo del conteo.**- En parte para seguir el efecto de los cambios en la cobertura vegetal y el avance de la urbanización sobre las aves, ubicamos el círculo de los Conteos Navideños cubriendo el borde norte de la ciudad y la transición hacia la zona rural más al norte, incluyendo partes de los Cerros Orientales y los cerros interiores de la Sabana y parte del valle del Teusacá. El centro del círculo se ubica a 4°48'N, 73°11'O (Fig. 1). Después de los primeros ensayos de los conteos, en 1989 decidimos ubicar como límites del círculo Tabio y el Jardín Botánico de Bogotá por sus buenas representaciones de los hábitats y aves. Debido a una escala errónea del mapa que usamos para ubicar el círculo, al georreferenciar los sitios de los conteos en 2003, encontramos que nuestro círculo tiene un diámetro de casi 28 kilómetros, más grande que lo establecido como estándar. Con más de una década de conteos en estos dos sitios, decidimos que la continuidad del monitoreo era de mayor prioridad que reducir el diámetro del círculo, lo cual implicaría sacrificar uno o ambos de ellos, así que hay que admitir que nuestro círculo tiene el sesgo por ser más grande que lo aceptado. De todas formas, ningún Conteo Navideño de Audubon intenta cubrir uniformemente todo su círculo sino una serie de sitios representativos, así que el conteo de la Sabana de Bogotá sigue ajustado al objetivo principal. Por otro lado, aunque consideramos que el círculo es representativo de la parte nororiental, es importante no olvidar que incluye sólo una parte de toda la Sabana de Bogotá, y nuestros resultados deben ser generalizados con esta salvedad. Para poder mantener comparables los resultados de los conteos de un año a otro, a lo largo del cuarto de siglo el coordinador del conteo siempre fue FGS (excepto para el conteo del 2000, coordinado por SDLZ). Siempre hemos tratado de mantener en lo posible la continuidad de los coordinadores de los grupos, o por lo menos asegurar que los coordinadores de los

grupos conozcan bien los sitios a visitar y sus aves. No intentamos hacer conteos en áreas urbanas diferentes de áreas verdes de la ciudad, que atraen a las aves de las áreas totalmente construidas circundantes además de muchas otras especies como migratorias o visitantes. Excluimos a *Columba livia* de los conteos: aunque ya está naturalizada y en algunos sitios urbanos se reproduce sin ayuda directa del hombre, las bandadas que se ven en zonas rurales bien pueden ser de palomares de fincas y pueblos y su estado como aves silvestres puede ser dudoso.

Escogimos los 29 sitios de los conteos para poder incluir una variedad de hábitats (Tabla 1). Especialmente durante los primeros años, hicimos conteos en algunas localidades que luego fueron descontinuadas a favor de otras más representativas o accesibles, o porque los coordinadores de los grupos no especificaron claramente los recorridos, lo cual hizo difícil repetirlos exactamente. A pesar de que después de diez años de conteos tratamos de asegurar la continuidad de localidades representativas y con más número de años visitadas, hubo cambios en varias de éstas, principalmente debido a problemas de acceso o restricciones de horarios impuestas por las personas u organizaciones propietarias; en tales casos tratamos de sustituirlas con otras localidades con hábitats similares. En términos de número de localidades contadas, los humedales han sido favorecidos con relación a su área total dentro del círculo porque es en este hábitat que se encuentra la mayoría de las especies endémicas y amenazadas (Renjifo *et al.* 2016) y por ende son los más urgentes de monitorear.

**Métodos de Análisis.-** Inicialmente recopilamos los datos generales de los conteos: números de especies e individuos por sitio y por año, también números de grupos y participantes, horas-grupo, kilómetros-grupo recorridos a pie. Descartamos

el número de kilómetros-grupo en carro porque los coordinadores no siempre especificaron si éstos incluyeron observaciones o simplemente distancias recorridos entre sitios. Luego hicimos correlaciones de Pearson entre los parámetros relacionados con el esfuerzo de conteo y los números de especies e individuos contados. Obtuvimos la correlación más alta entre números de especies y números de horas-grupo (Tabla 2), así usamos esta relación como una corrección del esfuerzo de muestreo para facilitar las comparaciones entre años; ésta ha sido la corrección de uso más frecuente para tales conteos (Raynor 1975).

**La avifauna del círculo.-** La guía de campo de aves de la Sabana de Bogotá (Asociación Bogotana de Ornitología 2000), que fue basada en buena parte en los primeros diez años de los Conteos Navideños, incluyó a más de 200 especies. Aquí seguimos la nomenclatura más actualizada según Remsen *et al.* (2020). Para analizar la estructura y la composición de la avifauna registrada durante los 26 años del Cuento Navideño, primero obtuvimos los totales de especies detectadas en cada año y la curva de acumulación de especies registradas a lo largo de todos los años, y expresamos la diversidad taxonómica como números de familias y sus números respectivos de especies detectadas. Definimos el estado de presencia de cada especie registrada en el círculo como residente permanente o estacional, o visitante en una de seis clases según su probable origen (Tabla 3), con base no solamente en los conteos sino también en la experiencia de los autores a lo largo del año durante más de tres décadas, tanto en la Sabana como en otras partes de la cordillera Oriental y los Cerros Orientales.

**Los sitios y sus hábitats en el círculo.-** Para nuestros análisis, elaboramos una clasificación inclusiva de los hábitats dentro de los sitios de los

**Tabla 1.** Características de las localidades en que se realizaron los conteos navideños de aves de la Sabana de Bogotá, 1989-2014.

Localidad	Coordenadas (centro)	Elevaciones	Porcentajes de hábitats principales <sup>1</sup>				Presencia de otros hábitats <sup>2</sup>		
			BMN	HUM	AAR	PAU	Urbano	Casas, Invernaderos	Plantaciones exóticas
1. Tabio	4°55'37"N, 74°06'30"W	2580-2800	50	<5	45	<5	p	x	<5
2. Parque La Florida	4°43'32"N, 74°09'09"W	2560	0	40	20	40			x
3. Jardín Botánico	4°40'00"N, 74°06'03"W	2570	0	<5	0	>95	p		
4. Aurora Alta	4°46'58"N, 74°00'53"W	2820-3050	80	0	20	0			<5
5. Valle del Teusacá	4°49'28"N, 73°56'20"W	2630	<5	20	75	0			5
6. Parque Simón Bolívar	4°39'29"N, 74°05'35"W	2570	0	5	0	95	p		
7. Humedal de La Conejera	4°45'45"N, 74°06'20"W	2570	10	50	20	10	p		
8. Humedal Córdoba-Parque Niza	4°42'12"N, 74°03'55"W	2560	0	50	10	40	p	p	
9. Santa María del Lago	4°42'12"N, 74°05'44"W	2570	0	50	0	50	p		
10. Humedal Jaboque	4°43'16"N, 74°08'21"W	2560	0	80	10	10	p		
11. Parque del Chicó	4°40'24"N, 74°02'38"W	2630	0	0	0	100	p		
12. Quebrada del Chicó	4°39'46"N, 74°02'30"W	2700-2900+	80	0	0	10		x	10
13. Humedal Guaymaral	4°48'16"N, 74°02'28"W	2560	<5	60	40	0			
14. Chía-Cerca de Piedra	4°50'54"N, 74°05'02"W	2575-2700	70	0	20	10		x	
15. La Calera-Cerro de la Cruz	4°43'10"N, 73°58'29"W	2600-2850	70	0	25	0	p	p	5
16. Humedal Juan Amarillo	4°44'08"N, 74°06'47"W	2560	0	75	20	10	p		
17. Cota (Cerro Majuy) <sup>3</sup>	4°50'07"N, 74°06'14"W	2650-2800	60-70?	0-10?	15-25?	0			x
18. Cerro de La Conejera	4°45'56"N, 74°04'14"W	2560-2670	70	0	20	<5		10	
19. Floresta de La Sabana	4°48'15"N, 74°00'02"W	2800-3090	85	0	5	10		x	x
20. Tenjo <sup>3</sup>	4°51'26"N, 74°09'52"W	2650	30-60?	0-5?	30-60?	0		<5	x
21. Humedal de El Salitre	4°40'01"N, 74°05'15"W	2570	0	50	0	50			
22. Club Los Lagartos	4°43'09"N, 74°05'50"W	2650	0	45	5	50	p		
23. Cerro de Torca	4°49'14"N, 74°01'06"W	2860-3100	90	0	10	0			x
24. Embalse de San Rafael	4°42'12"N, 73°59'36"W	2740	30	50	20	0			x
25. Altos de Yerbabuena	4°50'47"N, 74°01'20"W	2670-2780	60	0	10	0		10	20
26. Cementerios Norte, Separador	4°46'51"N, 74°02'06"W	2600	5	15	25	55			
27. Humedal de Meridor	4°50'56"N, 74°07'35"W	2600	0	40	40			15	5
28. Parque del Virrey	4°40'22"N, 74°03'24"W	2560	0	0	0	100	p		
29. Sendero Cementos Samper	4°43'23"N, 74°01'11"W	2650-2800	85	0	10	0			5

<sup>1</sup> Porcentajes son aproximaciones; para caracterizaciones de estos hábitats, véase el texto.

<sup>2</sup> Hábitats no explícitamente muestreados; se marcan con p si son periféricos al área del conteo, x si están en porcentajes menores o no especificados; si contribuyen un porcentaje apreciable del área del conteo, se da el porcentaje aproximado

<sup>3</sup> Para estas localidades, parece que en diferentes años diferentes grupos hicieron recorridos sin especificarlos; por esto, no fue posible estimar los porcentajes con claridad. Por ejemplo, en Cota evidentemente se incluyó un humedal en un año, en otros no.

**Tabla 2.** Parámetros generales de los Conteos Navideños de la Sabana de Bogotá, 1989-2014.

Año	No. grupos	No. sitios	No. especies	No. individuos	No. participantes	No. horas-grupo	No. kms-grupo a pie <sup>1</sup>	No. horas-grupo por hábitat			
								BMN	HUM	PAU	AAR <sup>2</sup>
1989	6	7	103	1781	18	39,0	20,1	25,3	6,6	4,2	2,8
1990	7	7	110	2559	23	42,1	29,5	26,2	8,3	5,1	2,5
1991	5	7	100	2075	10	33,5	33,0	21,6	4,1	5,1	2,7
1992	6	8	101	1925	14	37,5	24,5	23,6	6,1	5,2	2,6
1993	7	9	104	1790	18	42,8	28,5	25,8	6,8	7,1	3,1
1994	5	8	101	3004	14	29,6	25,0	12,4	7,4	6,7	3,1
1995	6	8	111	3991	20	44,2	30,5	18,4	11,4	10,4	4,0
1996	7	11	120	3962	21	57,0	43,3	31,3	11,5	11,3	3,1
1997	7	10	123	5630	27	58,0	40,8	20,0	17,5	16,5	4,1
1998	8	11	125	5323	28	53,3	36,6	17,2	14,0	18,4	3,7
1999	11	15	124	7569	40	60,0	51,3	20,8	17,6	15,3	6,3
2000	12	14	125	5757	62	71,3	53,6	35,4	12,0	20,3	3,6
2001	13	19	142	7583	86	96,5	69,5	38,9	27,8	20,1	9,8
2002	13	18	136	6660	81	75,7	58,2	31,8	21,3	16,6	6,8
2003	12	17	133	7620	71	86,0	54,8	41,4	22,7	15,8	6,1
2004	12	16	127	5457	70	68,0	42,1	35,7	15,0	13,3	4,0
2005	11	16	126	5883	66	69,0	53,3	29,2	19,9	15,1	4,9
2006	11	14	122	4841	69	72,1	43,4	31,7	20,9	12,6	7,0
2007	10	13	120	4181	39	52,6	43,8	22,1	16,1	11,7	2,7
2008	13	14	129	6723	75	72,6	42,8	25,8	22,0	19,5	5,2
2009	14	15	133	6138	82	70,3	53,7	31,8	20,8	12,6	5,2
2010	13	15	137	5747	78	82,1	52,5	34,5	22,9	20,2	4,5
2011	12	13	133	4561	66	68,0	42,1	24,8	22,1	17,2	4,0
2012	11	13	127	5301	60	66,9	35,5	21,3	26,1	15,3	4,2
2013	12	12	135	5222	76	64,1	39,1	21,0	24,5	13,6	5,0
2014	14	14	127	5959	75	78,8	39,8	27,1	25,9	21,3	4,5

<sup>1</sup> = No incluimos aquí los kilómetros-grupo en carro (generalmente en tránsito entre sitios); los conteos mismos siempre se hicieron a pie.

<sup>2</sup> = Las horas en AAR probablemente están subestimadas, porque en los sitios de BMN en particular, frecuentemente había que atravesar potreros u otras áreas abiertas para llegar al bosque, y puede haber potreros o cultivos en los bordes o hasta rodeados de bosque o matorral en donde se siguieron contando, pero no anotándolos por aparte.

**B. Correlaciones entre diferentes medidas de esfuerzo de muestreo y números de especies e individuos contados por año**

Todas las correlaciones son muy altamente significativas, con 24 grados de libertad

Medidas de esfuerzo de muestreo	Números de especies	Número de individuos
Números de sitios contados	0,8820	0,8815
Números de grupos	0,8865	0,8041
Números de participantes	0,8946	0,7813
Números de horas-grupo	0,9269	0,8642
Números de kilómetros-grupo	0,8343	0,8569

**Otras correlaciones de interés**

Números de grupos vs. números de participantes	0,9672
Números de especies vs. números de individuos	0,8774
Números de horas-grupo vs. kilómetros-grupo	0,8377

**Tabla 3.** Clasificación de las especies registradas en los Conteos Navideños de la Sabana de Bogotá, 1989-2014 de acuerdo con su estado de presencia, con las categorías numéricas para comparar la regularidad, distribución y abundancia de las especies.

<b>A. Estado de residencia en el círculo</b>	
RP:	Residente permanente: presente durante todo el año y se reproduce dentro del círculo o en sitios cercanos. Especies raras o difíciles de detectar se clasifican como residentes si no hay evidencia de que hacen migraciones o movimientos que los aleja regularmente del círculo totalmente durante parte del año. Incluyen a especies que al inicio de los conteos eran residentes, pero que desaparecieron allí (por lo menos, en los conteos) y otras que se establecieron como residentes que se reproducen durante el período de los conteos.
RE:	Residente estacional: presente durante varios meses alrededor del período de los Conteos Navideños, aunque no necesariamente todos los años; casi todas estas especies son migratorias boreales que pasan su época invernal norteño dentro del círculo. En esta época, casi nunca se encuentran migratorias australes.
VM:	Visitante montana: residentes en otras partes de la Cordillera Oriental (incluso de los Cerros Orientales), pero no dentro del círculo, en donde aparecen en pocos años sin regularidad y en bajos números.
VA:	Visitantes de zonas de mayores elevaciones que aparecen esporádicamente dentro del círculo, generalmente en bajos números, y para las cuales no hay evidencia de que se reproduzcan dentro del círculo.
VB:	Visitantes de zonas de menores elevaciones que la Sabana, que aparecen en pocos años, pero igualmente en números bajos sin evidencias de establecimiento.
VR:	Visitantes reproductivas: presentes durante algunos años, hay evidencia de intentos de reproducción, pero luego desaparecieron sin establecerse.
VT:	Visitantes transeúntes que evidentemente pasaron en tránsito, generalmente sobrevolando, en el curso de sus migraciones o movimientos dentro de la región; incluye un registro de una migratoria austral tardía y otro de una bandada grande de <i>Progne</i> sp. que aparentemente desapareció el día siguiente del conteo.
VI:	Visitante introducida: residente en zonas lejanas del país que fue liberada o pudo haber escapado del cautiverio.
En las dos siguientes categorías, establecimos arbitrariamente clases según las formas de las distribuciones de números de especies, buscando en lo posible que las clases tuvieran números similares de especies para facilitar distinguir entre especies de los diferentes estados dentro del círculo en los análisis.	
<b>B. Regularidad en el círculo</b>	
7:	Registrada en 24-26 años
6:	Registrada en 19-23 años
5:	Registrada en 13-18 años
4:	Registrada en 8-12 años
3:	Registrada en 4-7 años
2:	Registrada en 2-3 años
1:	Registrada en sólo un año
<b>C. Distribución en el círculo</b>	
6:	Registrada en 19-26 sitios
5:	Registrada en 11-18 sitios
4:	Registrada en 7-10 sitios
3:	Registrada en 4-6 sitios
2:	Registrada en 2-3 sitios
1:	Registrada en solo un sitio
<b>D. Abundancia dentro del círculo</b>	
Dado que los promedios de los números registrados de las especies abarcaron tres órdenes de magnitud y que, en su mayoría, las especies presentaron abundancias bajas, establecimos clases en una escala aproximadamente exponencial, en lo posible con números similares en la mayoría de las clases. No incluimos en los promedios los años en que una especie no fue registrada.	
8:	Promedio $\geq 250,00$
7:	Promedio 100,00 – 249,99
6:	Promedio 50,00-99,99
5:	Promedio 25,00-49,99
4:	Promedio 12,50-24,99
3:	Promedio 5,50-12,49
2:	Promedio 2,50-5,49
1:	Promedio 1,00-2,49

conteos y clasificamos los sitios como terrestres, mixtos o acuáticos según las composiciones de sus especies registradas (Tabla 4). Los 29 sitios en que hicimos los conteos se ubican en las partes planas de la Sabana a elevaciones entre 2570 y 2600m, y en varios cerros y montañas de hasta 3150m, con varios hábitats (*cf.* Tabla 1, Fig. 1). Calculamos las regresiones lineales y correlaciones no paramétricas de Spearman entre los totales de especies contadas y los números de años contados para determinar la tendencia de la relación para cada tipo de sitio. También comparamos los números totales de especies e individuos registrados en las tres clases de sitios con pruebas de Kruskal-Wallis y análisis a posteriori tipo "Tukey" (Zar 1996). Comparamos los números de especies en sitios terrestres con y sin bosques en buen estado con la prueba de ji-cuadrado ( $\chi^2$ ). Para presentar resultados de análisis estadísticos, adoptamos estas abreviaturas de las probabilidades: \*\*\*=  $p \leq 0.001$ ; \*\* =  $p \leq 0,01$ ; \* =  $p \leq 0,05$ ; ns=  $p > 0.05$ .

Comparamos cuatro sitios (Tabio, Aurora Alta, el Jardín Botánico y el humedal de la Conejera) con diferentes representaciones de hábitats, diferentes proporciones de especies residentes y visitantes y con 20 o más años de conteos con buena continuidad, con base en sus curvas de acumulación de especies y la estabilidad vs. variabilidad de sus composiciones de especies de año a año. Para cada par de conteos en años sucesivos en cada sitio a lo largo de sus conteos, usamos el índice de similitud de Sørensen para evaluar la estabilidad entre estos pares de años. Para evaluar la variabilidad, desarrollamos un "índice de recambio de especies" sumando para cada par de años los números de especies agregadas o perdidas en el segundo año, dividido por el número total de especies registradas entre los dos años. Comparamos las distribuciones de similitud y recambio para los cuatro sitios con dos análisis de varianza

**Tabla 4.** Clasificaciones de hábitats y sitios usados en este estudio.

<u>Clasificación de hábitats dentro de los sitios de los conteos</u>	
BMN	Bosques y matorrales de vegetación nativa: los combinamos porque representan etapas de sucesión natural
AAR	Áreas abiertas rurales: potreros y cultivos, con o sin cercas vivas angostas y con edificios como casas, establos o invernaderos
HUM	Humedales de todos los tipos, desde pantanos de vegetación natural hasta estanques de fincas o
PAU	Parques arbolados urbanos o suburbanos: áreas con árboles exóticos o nativos, césped y jardines con
AER	Incluimos este "habitat" para especies observadas siempre o generalmente en vuelo, sin asociación con hábitats terrestres particulares
TER	Localidades en que dos tercios o más de las especies registradas son <b>terrestres</b>
MXT	Sitios <b>mixtos</b> en que hay muchas especies tanto terrestres como acuáticas registradas <sup>1</sup>
ACU	Localidades en que dos tercios o más de las especies registradas son <b>acuáticas</b>
<sup>1</sup> Para algunas comparaciones separamos sitios mixtos urbanos de rurales	

(ANOVA), evaluando las diferencias con la prueba a posteriori Q de Tukey con el programa PAST (Hammer *et al.* 2001). Para analizar la similitud entre sitios con base en las especies observadas y los promedios de individuos de cada especie contada hicimos un análisis de conglomerados (cluster) usando el índice de Morisita como medida de similitud (Hammer *et al.* 2001). En este análisis se incluyeron únicamente las 24 localidades con 6 o más años de datos.

**Asociaciones entre los estados de las especies con sitios y hábitats.** - Para estos análisis, consideramos las frecuencias, distribuciones y abundancia de las especies de cada estado de presencia. Dadas las distribuciones fuertemente sesgadas hacia números bajos de especies, para simplificar los análisis dividimos los datos numéricos de frecuencia, distribución y abundancias en un número menor de clases (Tabla 3) para obtener mayor representación entre los números de especies por grupo. Con

base en estos grupos, comparamos los números de especies en cada estado de presencia con sus frecuencias, distribuciones y abundancias en el círculo con pruebas de Kolmogorov-Smirnov de dos muestras (Zar 1996) para las dos clases de residentes, y para los visitantes desde mayores vs. menores elevaciones: las otras clases de visitantes no tuvieron suficientes datos para este análisis. Para apreciar mejor las distribuciones entre años y sitios elaboramos gráficas de frecuencia y distribuciones para todas las clases de estados de presencia.

**Evaluaciones de tendencias poblacionales.-** Para evaluar las tendencias poblacionales de cada especie, estandarizamos las cantidades observadas dividiéndolas por el esfuerzo en horas-grupo en el hábitat o hábitats utilizados por cada una. Esto provee una medida más adecuada de la abundancia de cada especie por hábitat y conteo, a su vez es una forma más precisa para detectar las tendencias en los cambios en sus poblaciones a lo largo del tiempo. Para evaluar las tendencias de abundancias hicimos regresiones lineales de los números corregidos por especie por conteo y por sus hábitats como se describe arriba a lo largo de los años de los conteos. Calculamos estas regresiones para todas las especies con registros en seis o más años. Para varias especies, hubo datos atípicos que se salieron de las tendencias generales (por ser mucho más altos o bajos). Tales "outliers" pueden ejercer una influencia desproporcionada sobre el valor de una regresión cuando ocurren cerca del principio o final del intervalo entre los primeros o últimos registros; en tales casos, calculamos las regresiones con y sin estos datos. Para otras especies con pocos años de registros, fue evidente su extinción dentro del círculo después de cinco o más años continuos sin ser registradas. Aceptamos como válidas las tendencias en los números de una especie cuando el valor de  $p$  para la regresión era  $\leq 0,05$ ; si  $p$  estaba entre

0,05 y 0,10, las consideramos con aumentos o disminuciones leves y consideramos regresiones con  $p > 0,10$  como indicativas de poblaciones relativamente estables. Hicimos estos análisis con el programa PAST 3.0 (Hammer *et al.* 2001).

### **Factores posiblemente asociados con las tendencias poblacionales.-**

A continuación, intentamos asociar las tendencias en las poblaciones de aves del círculo con posibles factores que cambiaron a lo largo de los 26 años de los conteos. Previamente reconocimos cinco factores: acciones directas e intencionales del hombre; cambios en vegetación y calidad de aguas no intencionalmente provocados por acciones humanas; interacciones como depredación y parasitismo entre especies presentes en los conteos; cambio climático; y errores de muestreo relacionados a faltas de continuidad en la realización de los conteos (Stiles *et al.* 2017). Para dos de estos factores hay datos previamente publicados. Un componente importante debido a las acciones directas humanas es la urbanización. Evaluamos el aumento de la urbanización dentro y adyacente al círculo durante el período de los conteos de manera cuantitativa comparando fotos de Google Earth de 1986 y 2014, con la concomitante disminución de hábitats rurales. Para evaluar cambios del clima, aprovechamos los datos del monitoreo de temperaturas anuales del aeropuerto El Dorado (Anónimo 2016), que abarcan los años desde 1962 hasta 2014 (aunque con algunos años sin datos, principalmente anteriores al período de nuestros conteos). Analizamos los cambios de temperaturas máximas, medias y mínimas anuales con regresiones empleando la prueba no paramétrica Mann-Kendall para tendencias con valores faltantes (Gilbert 1987). A los cambios generales de temperatura, hay que considerar también el aumento adicional de temperaturas sobre la ciudad debido a la contaminación atmosférica,

fenómeno denominado “isla de calor” (Ángel *et al.* 2010).

Tenemos observaciones propias pertinentes a otros cambios ocurridos a lo largo de los 26 años de los conteos. Estos incluyen intervenciones humanas en varios humedales, tanto beneficiosas como dañinas para las aves, densificación de la población humana dentro de los límites urbanos con la sustitución de áreas suburbanas de casas con árboles y jardines por bloques de apartamentos, cambios sucesionales de la vegetación de zonas montañosas, programas de arborización a lo largo de algunas avenidas y alrededor de humedales urbanos.

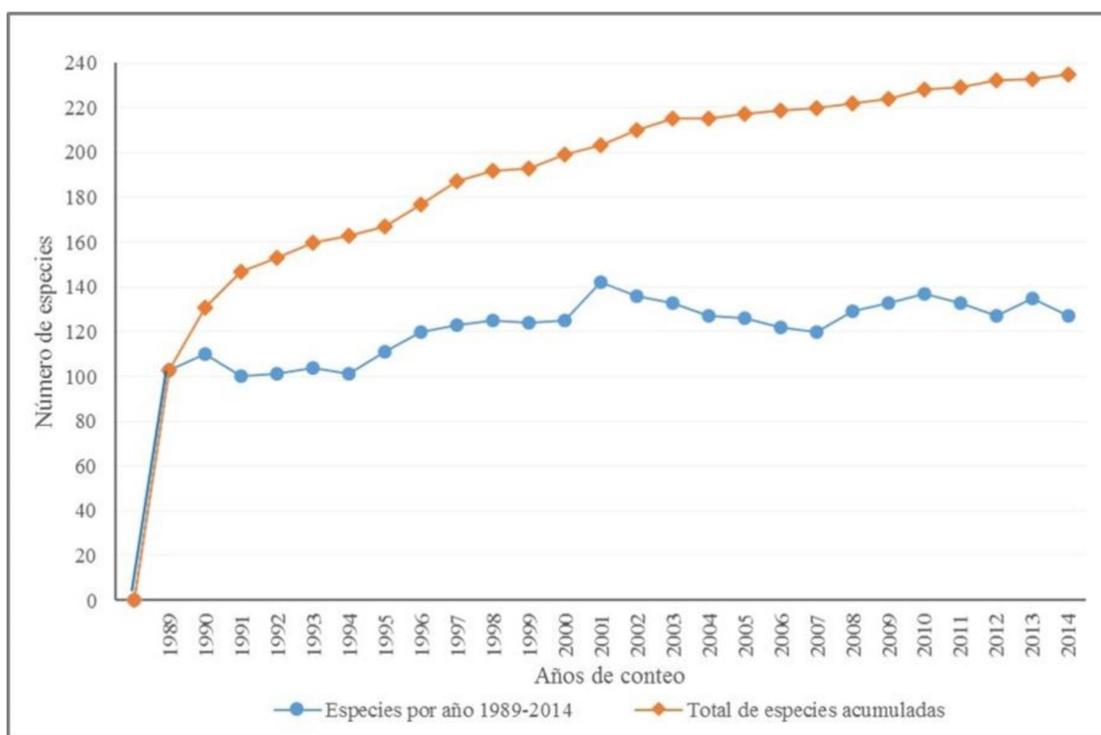
## Resultados

**Parámetros generales de los conteos.-** Durante los primeros 7-8 años, los números de grupos y participantes se mantuvieron relativamente bajos, con registros anuales de 99-111 especies; a partir de estos años, los números de grupos, participantes, sitios contados y especies registradas aumentaron rápidamente, alcanzando los valores más altos en 2001 con 19 sitios, 86 participantes, 96,5 horas-grupo, con 142 especies y 7583 individuos registrados (Tabla 2). En 2002-2003, nos preocupaban los sitios nuevos sin continuidad y elegimos 12 sitios con 10 o más años de conteos y varios hábitats como prioritarios para seguir contando todos los años. Durante los últimos diez años del período, los números de sitios, grupos, participantes y horas-grupo se mantuvieron relativamente constantes y los números de especies registradas fluctuaron entre 120 y 137 anualmente (Tabla S1). Al analizar las correlaciones entre los números de especies e individuos contados y varios parámetros relacionados con el esfuerzo de muestreo a lo largo de los 26 años, todas las correlaciones ensayadas fueron altamente significativas (Tabla 2). De hecho, la correlación más alta de todas fue

entre los números de especies y horas-grupo, apoyando esta relación como corrección para comparaciones entre años. La curva de acumulación de especies fue muy empinada al inicio, y en 1996 ya se había logrado el 75% del total final de 235 especies; en 2003 alcanzamos el 90% del total final y seguimos agregando 1 o 2 especies cada año hasta el final del período (Fig. 2).

Las condiciones del tiempo en los conteos fueron más o menos similares entre años, con la diferencia más marcada entre los sitios en la parte plana de la Sabana y los sitios a elevaciones altas en los Cerros Orientales como Torca, Aurora Alta y Floresta de la Sabana. En la Sabana propiamente dicha, las madrugadas generalmente fueron frías (*ca.* 8-12°C) y parcial a completamente nubladas, ocasionalmente con algo de llovizna, pero pasando a más soleado a media mañana hasta la tarde con temperaturas alcanzando *ca.* 20° o más. En cambio, en los cerros las madrugadas frecuentemente fueron un poco más frías, con lloviznas algo más frecuentes y seguido por un período variable entre *ca.* 07:00 y 08:00 de neblina más o menos espesa; después el cielo se aclaraba y en los días más soleados, se alcanzaron temperaturas hasta más altas que en los sitios más bajos. Otra diferencia fue que el viento generalmente fue algo más fuerte en los sitios altos según mediciones con un anemómetro portátil Dwyer. Solo en algunos años se presentaron períodos de lluvia más fuerte, notablemente en el conteo de 2007, que tuvo una participación (y registros de especies e individuos) más baja que lo normal en la última década del período (Tabla S1).

**La Avifauna del Círculo.-** A lo largo de los 26 años, registramos 234 especies, clasificadas en 47 familias de aves (Tabla S1 y S3). Doce especies representan taxones endémicos o casi endémicos a la Sabana de Bogotá o a la cordillera Oriental, y



**Figura 2.** Curva de acumulación de especies a lo largo de los 26 años del Conteo Navideño de la Sabana de Bogotá, y número de especies registradas en cada año de estos conteos.

ocho especies se consideran en algún grado de amenaza de extinción en el país (Renjifo *et al.* 2016, [Tabla S3](#)). Siete familias contribuyeron más de la mitad de las especies: Thraupidae con 33 especies, Tyrannidae con 28, Trochilidae con 18, Parulidae con 15, Icteridae con 12 y Accipitridae y Strigidae con 10 especies cada una. Al otro extremo, 4 familias contribuyeron 3 especies, 9 con 2 especies y 15 con una sola especie, constituyendo estas más de la mitad de las familias. Treinta y cuatro familias incluyeron por lo menos una especie de residente permanente, pero más de la mitad de las residentes permanentes fueron de cinco familias: Thraupidae (24), Tyrannidae (16), Trochilidae (11), Icteridae (9) y Strigidae (7). Entre las 14 familias con residentes estacionales, se destacan Parulidae con 11 especies y Scolopacidae con 6. Veintinueve familias incluyeron una o más especies visitantes; 19 de éstas incluyeron visitantes desde zonas más bajas o cálidas, notablemente Anatidae con 4

especies y Ardeidae, Cuculidae, Tyrannidae y Turdidae con 3 especies cada una; entre las 7 familias con visitantes desde zonas más altas se destaca Trochilidae con 5 especies; las otras clases de visitantes fueron esparcidas con no más de una o dos especies entre varias familias.

Aunque la clasificación de especies de acuerdo con su estado de presencia (Tabla 3) sirvió bien para casi todas las especies, para unas pocas no hubo claridad sobre dónde ubicarlas. Como ejemplo, individuos de *Buteo swainsoni* aparecieron en tres conteos; esta especie es un transeúnte abundante en algunos años durante sus migraciones hacia el sur del continente en octubre y la primera mitad de noviembre. No estamos seguros si estos individuos eran transeúntes tardíos o si iban a pasar la temporada en el círculo; tentativamente los consideramos residentes invernales dado el intervalo de más de un mes desde su período de la migración otoñal

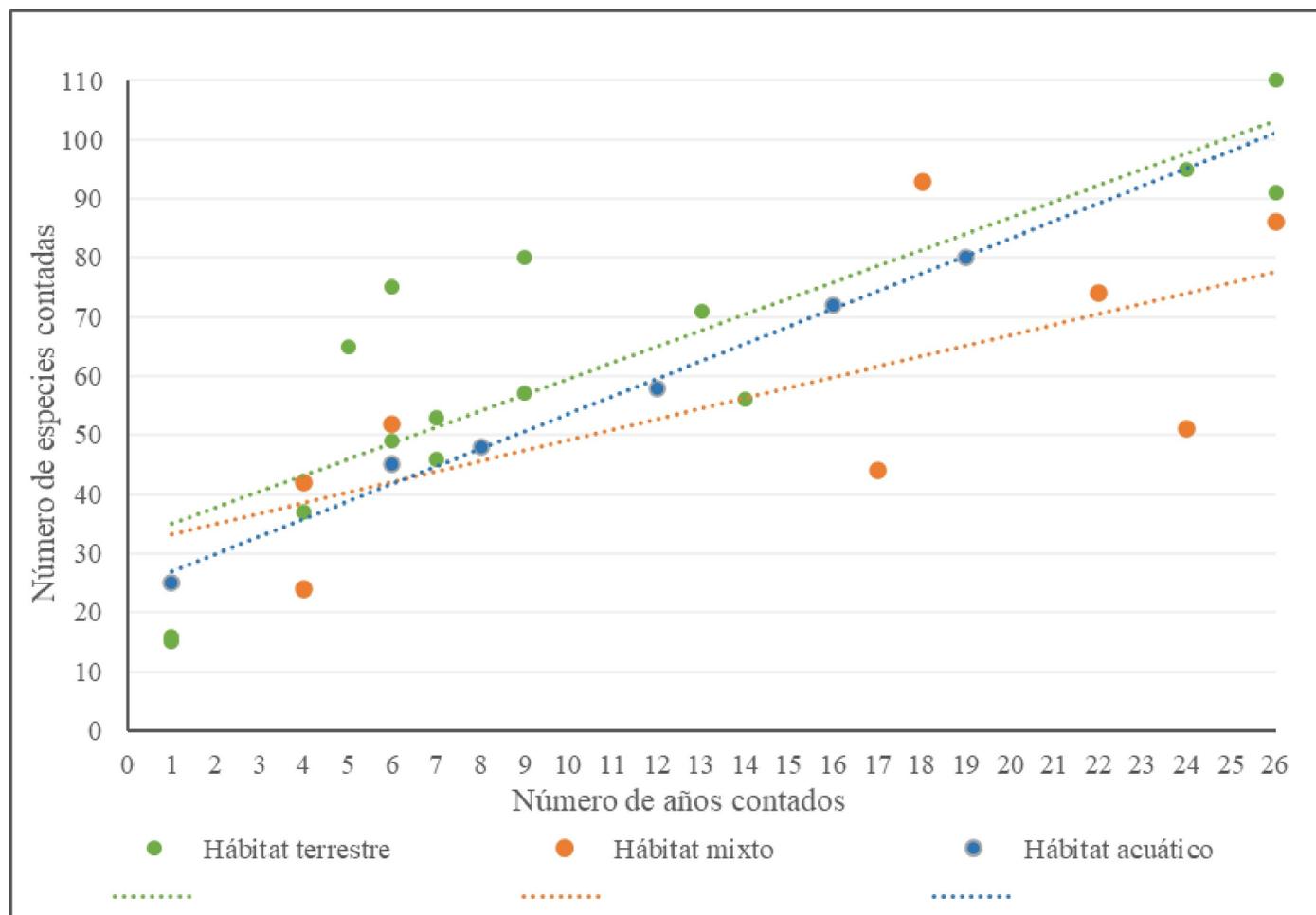
boreal. Más difícil fue ubicar a *Porphyrio martinica*, que aparece en la Sabana en grandes números aproximadamente entre diciembre y marzo, cuando se encuentran muchos individuos averiados por colisiones con vehículos o estructuras, o en sitios como patios de casa (los números de individuos llevados a centros de rehabilitación de fauna sugieren que estos movimientos involucran a centenares de aves). En junio o julio aparece otra "ola" de muchas menos aves. Este patrón sugiere un ciclo de migración, posiblemente entre los llanos y el valle del Magdalena de acuerdo con las diferencias de las lluvias, pero no hay datos confiables al respecto. Muchos de los individuos de los centros de rescate de fauna luego son soltados en uno u otro humedal, así que hay registros de la especie a lo largo del año. Casi todos los especímenes de la Sabana recolectados en la colección del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia tienen gónadas poco o no desarrolladas, pero hay tres de junio y julio en condiciones reproductivas. Como es una especie que vive en vegetación densa como juncuales, nunca se ha observado un nido. Sin embargo, dada la frecuencia y números observados en los conteos, probablemente es un residente permanente en números bajos, aunque sea también un transeúnte estacional en números mucho más altos.

Un caso más evidente de "situación doble" es el de *Spatula discors*: es claramente un residente invernal en grandes números, pero en años recientes se ha establecido también como residente permanente. El primer registro de reproducción dentro del círculo fue el reporte de una hembra con pichones jóvenes nadando en el humedal de La Conejera en junio 1993 (L. J. Vargas, comunicación personal). Desde entonces, reportes similares se han acumulado en otros humedales y ya se reproduce en por lo menos siete humedales del círculo y varios más afuera

del mismo (Rosselli & Stiles 2012a).

**Efectos de los sitios sobre los conteos.**- Los sitios del desarrollo de los conteos fueron visitados entre uno y 26 años (Tabla 5). Sin embargo, en general la variable más relacionada con los números totales de especies por sitio fue simplemente el número de años en que el sitio fue censado, con una correlación de Spearman de 0,7821<sup>\*\*\*</sup>. Tanto las regresiones como las correlaciones de Spearman entre los números de especies por sitio vs. números de años contados muestran relaciones positivas y significativas para los sitios terrestres y acuáticos (Fig. 3, Tabla 6), explicando 75-97% de la variación en estas relaciones, respectivamente. Sin embargo, para los sitios mixtos estas relaciones no eran significativas (explicando solo 45% de la variación en número de especies) debido a que estos sitios eran muy variables en los hábitats y riquezas de especies tanto acuáticas como terrestres. Los sitios con más especies contadas fueron Aurora Alta, Tabio y Humedal de Córdoba-Parque de Niza ([Tabla S2](#), Tabla 5). Estos sitios se caracterizaron por tener series largas de observaciones (19 años o más) y representación de diferentes tipos de hábitat. Aurora Alta y Tabio tienen buena representación del hábitat más rico en especies, el bosque altoandino; el humedal de Córdoba tiene hábitats acuáticos en buen estado con un borde denso de vegetación principalmente natural y un parque con buena cobertura de árboles.

Los cuatro hábitats que reconocimos para el análisis (Tabla 4) estuvieron representados en todos los conteos (Tabla 1). En orden de horas-grupo por hábitat, el esfuerzo de muestreo generalmente fue más alto en BMN, seguido por HUM, PAU y AAR. Sin embargo, AAR probablemente está subrepresentado en estos datos porque en muchos sitios, especialmente los de matorral o bosque (BMN), había que atravesar



**Figura 3.** Regresiones lineales entre los números totales de especies registradas por localidad terrestre (n=15), mixtas (n=8) y acuáticas (n=6) y los números de años en que cada localidad fue contada durante los 26 años de los conteos; los valores de las regresiones y correlaciones respectivas se dan en Tabla 6.

áreas de potreros, cultivos como maíz o alverjas o rastrojos bajos para llegar al bosque; en otros hay áreas de estos hábitats en los bordes de los bosques, matorrales o rodeados por éstos, en donde se siguieron contando aves pero sin separar las horas, distancias o aves en los totales de los conteos; por ende, es probable que los esfuerzos de muestreo por hábitat hayan sido más equitativos.

Comparando los totales de especies por localidad entre las terrestres, mixtas y acuáticas (cf. Tabla 5) con la prueba de Kruskal-Wallis, no encontramos diferencias significativas entre las medianas de grupos (Tabla 6), en buena medida debido al ámbito amplio de años de registro y diversidad

de hábitats, especialmente en los terrestres y mixtos. Sin embargo, al comparar los números promedios de especies observadas por visita entre sitios terrestres con buena representación de bosque conservado (B+, n=6, mediana 38,9) y aquellos sin tales bosques (B-, n=9, mediana 23,5) (véase Tabla 5) con la prueba de Mann-Whitney, encontramos significativamente más especies por visita en los con bosques ( $U = 6, p = 0,016$ ), resaltando la riqueza de este hábitat en particular. En cambio, al comparar las medianas de números de individuos por conteo, encontramos que los humedales reportaron significativamente más individuos que los terrestres debido a la tendencia gregaria de varias aves acuáticas, pero los mixtos tenían valores intermedios sin

**Tabla 5.** Resultados de los Conteos Navideños de la Sabana de Bogotá (1989-2014), por localidades censadas, con una clasificación simplificada de hábitats en Terrestres, Mixtos y Acuáticos (véase el texto y Tabla 1) con pruebas de Kruskal-Wallis para diferencias de números de especies y promedios de números de individuos entre clases de sitios y comentarios sobre cambios importantes en algunas localidades.

No.	Localidad <sup>1</sup>	No. años conteos	Intervalo años <sup>2</sup>	Total no. especies	Especies por año (promedios ± desviaciones estándares)	Individuos por año (promedios ± desviaciones estándares)	Clasificación de hábitats <sup>4</sup>	Comentarios sobre cambios
1.	Tabio <sup>1</sup>	26	1989-2014	105	39,2 ± 6,5	278,9 ± 127,1	Terrestre, B+	Pequeño humedal convertido en estanque ca. 2004
2.	Parque La Florida <sup>1</sup>	26	1989-2014	86	32,6 ± 6,2	656,1 ± 342,0	Mixto	Espejo de agua casi eliminado 1993-1994, luego restituido
3.	Jardín Botánico <sup>1</sup>	26	1989-2014	95	28,3 ± 6,6	408,5 ± 261,2	Terrestre, B-	Aumento de arborización y diversidad de coberturas
4.	Aurora Alta <sup>1</sup>	24	1991-2014	105	53,3 ± 3,7	284,1 ± 52,6	Terrestre, B+	Sucesión notable de vegetación del matorral; incluye dos áreas abiertas
5.	Valle del Teusacá <sup>1</sup>	24	1991-2014	51	21,3 ± 3,7	274,1 ± 101,5	Mixto	Laguna del Salitre drenado 2006-2008; algo de urbanización alrededor
6.	Parque Simón Bolívar <sup>1</sup>	22	1992-2014	74	22,2 ± 6,8	354,6 ± 174,8	Mixto	Arborización, crecimiento de césped y uso humano aumentó a partir de 1990
7.	Humedal de La Conejera <sup>1</sup>	20	1993-2014	95	34,2 ± 11,2	679,7 ± 427,1	Acuático	Mejoras en calidad de agua y espejos de agua, urbanización aumenta alrededor
8.	Humedal Córdoba-Parque Niza <sup>1</sup>	19	1996-2014	104	44,6 ± 4,9	591,4 ± 278,2	Mixto	Espejos de agua mejorados a partir de 2008
9.	Santa María del Lago <sup>1</sup>	17	1994-2013	44	20,3 ± 4,8	338,6 ± 85,0	Mixto	Transformado en parque ca. 1998, eliminación de juncales
10.	Humedal Jaboque <sup>1</sup>	16	1994-2014	72	29,3 ± 7,1	754,8 ± 334,1	Acuático	Incluye sector del río Bogotá; una laguna en la parte media desde 2002
11.	Parque del Chicó	14	1989-2008 <sup>2</sup>	56	15,6 ± 6,4	71,9 ± 40,6	Terrestre, B-	Descontinuado en 2009 por restricciones de acceso
12.	Quebrada del Chicó	13	1989-2005 <sup>2</sup>	71	26,9 ± 10,5	121,8 ± 81,7	Terrestre, B+	Restricciones de acceso progresivo desde ca. 2000
13.	Humedal Guaymaral <sup>1</sup>	12	1999-2014	58	29,8 ± 7,3	358,2 ± 174,2	Acuático	Parte superior parcialmente rellenado 2010-2012
14.	Chía-Cerca de Piedra	9	2001-2010 <sup>2</sup>	80	31,8 ± 6,5	329,9 ± 175,2	Terrestre, B-	Personal que regularmente visitaba no disponible
15.	La Calera-Cerro de la Cruz	9	1989-2005 <sup>2</sup>	57	26,3 ± 8,8	150,2 ± 56,6	Terrestre, B+	Restricciones de acceso debido a urbanización desde 2005

**Tabla 5.** Resultados de los Conteos Navideños de la Sabana de Bogotá (1989-2014), por localidades censadas, con una clasificación simplificada de hábitats en Terrestres, Mixtos y Acuáticos (véase el texto y Tabla 1) con pruebas de Kruskal-Wallis para diferencias de números de especies y promedios de números de individuos entre clases de sitios y comentarios sobre cambios importantes en algunas localidades.

No.	Localidad <sup>1</sup>	No. años conteos	Intervalo años <sup>2</sup>	Total no. especies	Especies por año (promedios $\pm$ desviaciones estándares)	Individuos por año (promedios $\pm$ desviaciones estándares)	Clasificación de hábitats <sup>4</sup>	Comentarios sobre cambios
16.	Humedal Juan Amarillo <sup>1</sup>	8	1990-2014	48	25,8 $\pm$ 7,2	454,0 $\pm$ 174,2	Acuático	Obra de cemento en parte alta e interrupción de suministro de agua del sector mejor conservado en 2002
17.	Cota (Cerro Majuy)	7	1990-2000 <sup>3</sup>	46	24,2 $\pm$ 4,7	307,7 $\pm$ 295,1	Terrestre, B-	En diferentes años diferentes áreas censadas: problema de replicación
18.	Cerro de La Conejera	7	1996-2010	53	23,5 $\pm$ 7,8	197,0 $\pm$ 103,2	Terrestre, B-	A veces problemas de seguridad
19.	Floresta de La Sabana <sup>1</sup>	6	2009-2014	75	42,8 $\pm$ 6,9	191,2 $\pm$ 10,6	Terrestre, B+	Sustituyó a Cerros de Torca en 2009
20.	Tenjo	6	1994-2006 <sup>3</sup>	49	33,9 $\pm$ 13,7	190,6 $\pm$ 85,0	Terrestre, B-	En diferentes años diferentes áreas censadas: problema de replicación
21.	Humedal de El Salitre	6	2009-2014	45	24,3 $\pm$ 6,9	233,3 $\pm$ 157,6	Acuático	Pequeño humedal inmerso en parque
22.	Club Los Lagartos	6	1997-2007 <sup>2</sup>	52	28,0 $\pm$ 4,3	348,3 $\pm$ 147,1	Mixto	Descontinuado en 2008 por restricciones de acceso
23.	Cerro de Torca	5	2000-2005	65	38,6 $\pm$ 4,0	293,4 $\pm$ 75,1	Terrestre, B+	Descontinuado en 2006 por restricciones de acceso
24.	Embalse de San Rafael	4	1996-2005 <sup>2</sup>	42	21,5 $\pm$ 5,0	221,5 $\pm$ 69,8	Mixto	Área de agua muy grande, difícil de censar; acceso a veces difícil
25.	Altos de Yerbabuena	4	1989-2003 <sup>2</sup>	37	16,7 $\pm$ 4,2	77,3 $\pm$ 16,2	Terrestre, B-	Baja diversidad, permiso de acceso difícil
26.	Cementerios Norte, Separador	2	1997-2000 <sup>3</sup>	24	13,5 $\pm$ 2,1	135,0 $\pm$ 26,9	Mixto	Incluyó separador de la autopista en algunos años
27.	Humedal de Meridor	1	2002	25	25	624	Acuático	Inmerso en áreas rurales y residenciales, acceso difícil
28.	Parque del Virrey	1	2014	15	15	157	Terrestre, B-	Iniciado 2014 por nueva iniciativa de ciencia ciudadana
29.	Sendero Cementos Samper	1	1993	16	16	154	Terrestre, B-	Matorral muy perturbado, sustituido; acceso difícil

<sup>1</sup> = localidad designada como prioritaria en 2003

<sup>2</sup> = localidad sustituida o descontinuada debido a problemas de acceso

<sup>3</sup> = localidad descontinuada por falta de datos sobre rutas y sitios precisos de conteo

<sup>4</sup> = sitios terrestres se dividen entre los con bosque natural en buen estado sin evidencias de intervenciones humanas fuertes recientes (B+) y los sin bosques naturales en buen estado (B-)

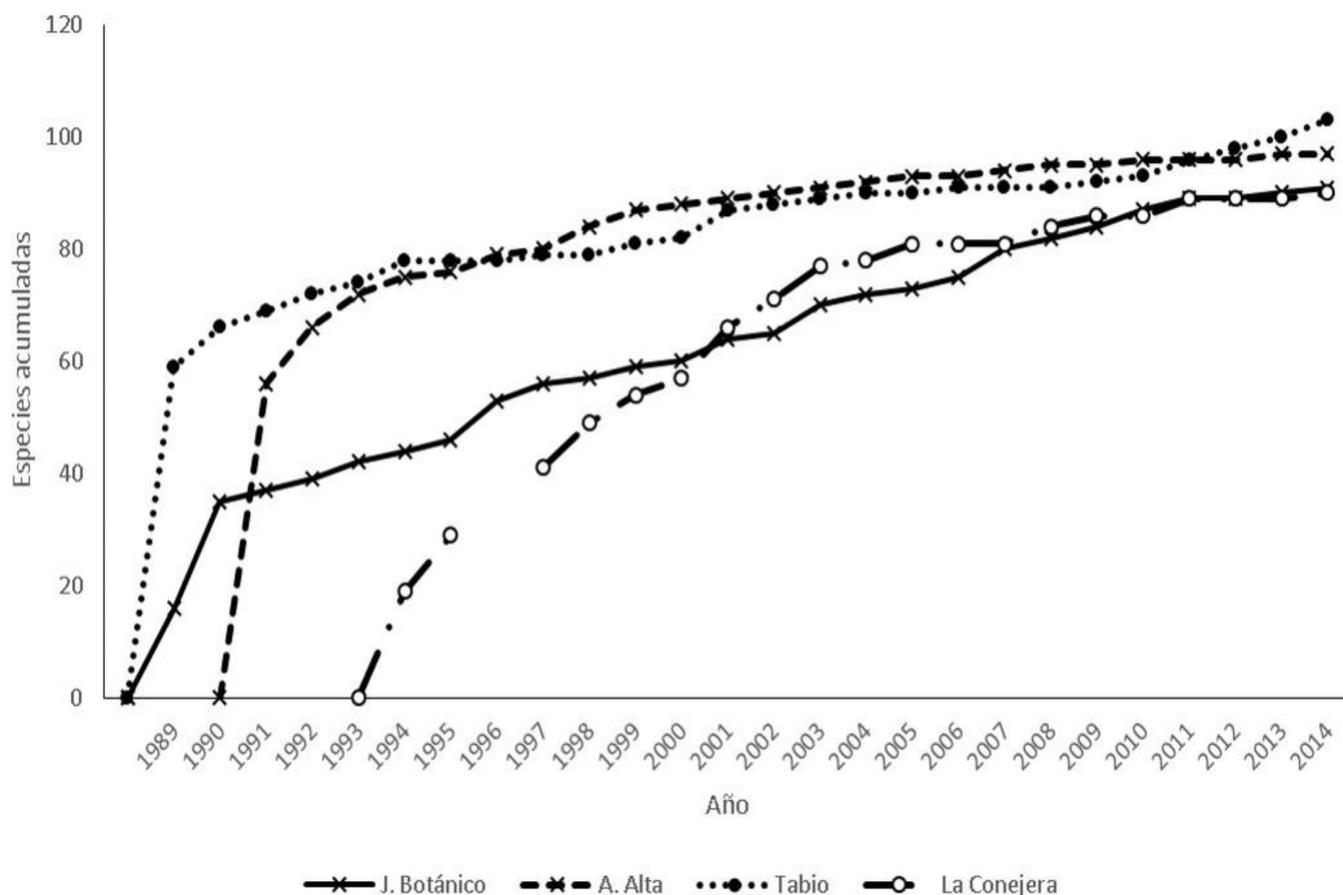
**Tabla 6.** Ecuaciones y análisis estadísticos de las regresiones lineales (Fig. 3) de números totales de especies registradas vs. números de años contados para las tres clases de sitios: terrestres, mixtos y acuáticos (15,8 y 6 sitios, respectivamente), y comparaciones de las distribuciones de los números de especies e individuos por año entre estas tres clases de sitios (datos de la Tabla 5) con pruebas de Kruskal-Wallis.

<b>A. Regresiones lineales de números totales de especies por números de años contados para cada clase de sitio</b>	
Las regresiones son de la forma: $\hat{S}(i) = a(0) + b * a(i)$ donde $\hat{S}(i)$ = el número de especies predicho para año i; a(0) = el intercepto de la línea en el eje de especies extrapolado hasta año 0; b = el coeficiente (pendiente) de la regresión y a(i) es el número del año para la predicción de $\hat{S}(i)$ . También se dan los errores de la regresión para a(0) y b.	
<b>Regresión para sitios terrestres:</b> $\hat{S}(i) = 25,89 + 3,34 a(i)$ ; error a(0) 5,85; error b = 0,433	
<b>Regresión para sitios mixtos:</b> $\hat{S}(i) = 18,76 + 2,74 a(i)$ ; error a(0) = 12,76; error b = 0,717	
<b>Regresión para sitios acuáticos:</b> $\hat{S}(i) = 21,60 + 3,42 a(i)$ ; error a(0) = 2,92; error b = 0,232	
<b>B. Correlaciones no paramétricas de Spearman <math>R_s</math> para evaluar la significancia estadística y coeficiente de determinación <math>r^2</math> para la regresión de cada clase de sitio</b>	
Para sitios terrestres: $R_s = 0,865$ , $p < 0,001^{***}$ ; $r^2 = 0,748$	
Para sitios mixtos: $R_s = 0,673$ , $p = 0,068$ ns; $r^2 = 0,458$	
Para sitios acuáticos: $R_s = 0,986$ , $p < 0,001^{***}$ ; $r^2 = 0,972$	
<b>C. Pruebas de Kruskal-Wallis para comparación de números de especies y promedios de números de individuos entre clases de sitios</b>	
<b>Prueba para números de especies por clase de sitio</b>	
Medianas: 57 (terrestres); 51.5 (mixtos); 53 (acuáticos)	
Valor de Hc para los tres sitios = 0,122; $p = 0,941$ ; no hay diferencias significativas entre clases de sitios	
<b>Prueba para promedios de números de individuos por clase de sitio</b>	
Medianas: 189 (terrestres); 283 (mixtos); 554 (acuáticos)	
Valor de Hc para los tres sitios = 8,25; $p = 0,0114$ ; hay una o más diferencias significativas entre clases de sitios	
Valor de Hc para terrestres vs. mixtos = 3,38; $p = 0,067$ ; no hay una diferencia entre estas clases de sitios	
Valor de Hc para terrestres vs. acuáticos = 7,42; $p = 0,007$ ; hay una diferencia significativa entre estas dos clases	
Valor de Hc para mixtos vs. acuáticos = 1,67; $p = 0,196$ ; no hay una diferencia entre estas clases de sitios	

diferencias significativas de terrestres ni acuáticas (Tabla 6).

Otro aspecto interesante fue la diferencia en las acumulaciones de especies en localidades de bosque altoandino (Aurora Alta y Tabio), una isla verde dentro de la ciudad (el Jardín Botánico) y un humedal periurbano (La Conejera). Los promedios de especies observado por año en Aurora Alta y Tabio fueron más altos que en los otros dos sitios; sin embargo, al final del período, los números totales no fueron muy diferentes (Fig. 4, [Tabla S2](#)). El primer conteo bastó para acumular la mitad de las especies en Aurora Alta, y después de 13 años se alcanzó el 90% del total final, porcentajes sólo alcanzados en el Jardín

Botánico después de 6 y 20 años, respectivamente; lo anterior refleja la diferencia entre un hábitat con alta riqueza de especies residentes y pocas visitantes vs. uno de relativamente baja riqueza en un año dado, pero con una alta capacidad de atraer especies migratorias y visitantes. La curva para Tabio es más parecida a la de Aurora Alta y, en ambas, la tasa de agregar nuevas especies disminuye a partir de 10-12 años de sus inicios. En Aurora Alta, este incremento se debe más a las adiciones de especies raras o difíciles de detectar si no están vocalizando (v. gr., *Xiphocolaptes promeropirhynchus*) pero en Tabio, aunque también se agregan tales especies (v. gr., *Colinus cristatus*), hubo más especies que llegaron a



**Figura 4.** Curvas de acumulación de especies a lo largo de los 26 años del Conteo Navideño de la Sabana de Bogotá para 4 localidades representativas: Jardín Botánico (isla verde urbana grande), Aurora Alta (bosque nativo), Tabio (matorral nativo con zonas de potrero y un pequeño humedal), humedal de La Conejera (semi-urbano).

establecerse como *Elanus leucurus* (2000), *Tyrannus melancholicus* (2001), *Forpus conspicillatus* (2009), *Mimus gilvus* (2010), *Vanellus chilensis* (2011), tendencia que continuó hasta el final del muestreo en 2014 con la aparición de *Rupornis magnirostris* y *Thraupis episcopus*. La curva para el humedal de la Conejera es mucho más constante durante casi todo el intervalo, en parte porque en los humedales los niveles de agua y la vegetación acuática pueden cambiar marcadamente de un año a otro y datos de los conteos indican que varias de las aves acuáticas pueden moverse entre humedales siguiendo estos cambios (observaciones personales). Los índices de Sørensen y recambio dividieron los cuatro sitios en dos grupos, con diferencias significativas entre ellos: Aurora Alta y Tabio con índices de Sørensen altos e índices de recambio

bajos, vs. Humedal de la Conejera y el Jardín Botánico con los índices opuestos (Tabla 7). Efectivamente, Aurora Alta y Tabio tienen avifaunas más estables, mientras las de La Conejera y el Jardín Botánico son más dinámicas, con adiciones y pérdidas de visitantes más frecuentemente.

Con base en la composición de sus especies con sus distribuciones de abundancias, el análisis de conglomerados (Fig. 5) dividió los 24 sitios en dos grupos: el primero incluyó principalmente localidades rurales (con excepción del Parque del Chicó); el segundo, las localidades con más influencia urbana, especialmente humedales. Del primer grupo, el sitio más diferente de los demás fue el embalse de San Rafael, en La Calera. Entre los humedales, también fue diferente por su falta

**Tabla 7.** Índices de similitud de Sorensen y tasas de recambio de especies sobre intervalos sucesivos de dos años para las localidades de Aurora Alta, Tabio, Humedal La Conejera y Jardín Botánico.

A. Promedios de los parámetros básicos para los cálculos de los índices de similitud de Sorensen y las tasas de recambio para las cuatro localidades.

Localidades/Parámetros	Número de especies por año	Número de especies por intervalo	Número de especies en común entre los dos años del intervalo
Aurora Alta	52,92 ± 3,72	62,17 ± 3,17	43,52 ± 3,28
Tabio	40,16 ± 7,47	49,76 ± 7,06	30,68 ± 5,12
Humedal de La Conejera	34,41 ± 10,97	43,90 ± 11,79	24,60 ± 8,92
Jardín Botánico	29,08 ± 6,76	39,08 ± 5,37	19,88 ± 5,40

B. Resultados de los cálculos de los índices de Sorensen y las tasas de recambio (promedios, desviaciones estándar y números de intervalos) y de los ANDEVA (valores de F, con las probabilidades; 3, 89 grados de libertad).

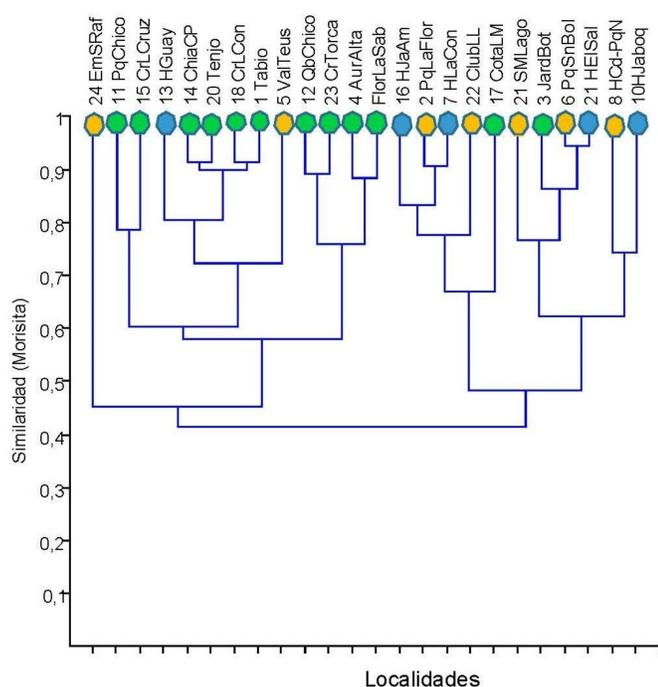
Localidades/Resultados	Aurora Alta	Tabio	Humedal de La Conejera	Jardín Botánico
Números de intervalos	23	25	20	25
Índices de Sorensen	0,821 ± 0,039	0,763 ± 0,059	0,702 ± 0,089	0,671 ± 0,070
ANDEVA				F = 24,32***
Tasas de recambio	0,304 ± 0,065	0,378 ± 0,075	0,458 ± 0,111	0,496 ± 0,097
ANDEVA				F = 22,32***

C. Resultados del análisis a posteriori de Tukey (valores de Q con sus probabilidades respectivas) para diferencias entre pares de localidades. Valores encima de la diagonal: para índices de Sorensen; por debajo de la diagonal: para tasas de recambio.

Localidades	Aurora Alta	Tabio	Humedal de La Conejera	Jardín Botánico
Aurora Alta	---	4,08*	8,45***	10,52***
Tabio	4,23*	---	4,64*	6,44**
Humedal de La Conejera	8,74***	4,52*	---	2,07 ns
Jardín Botánico	11,00***	6,98**	2,36 ns	---

de vegetación acuática en las orillas; es un gran cuerpo de agua abierta, apto para pocas especies, notablemente *Oxyura jamaicensis*, y las aves de los matorrales en su alrededor contribuyeron la mayoría de las especies del sitio. También en este grupo hay un par de localidades al parecer distintas: el Parque del Chicó y el Cerro de la Cruz en La Calera. El primero, aunque es un parque urbano, prácticamente colinda con los bosques perturbados del pie de los Cerros Orientales; el segundo también tiene bastante bosque perturbado y los dos sitios comparten varias especies de bosque, pero más tolerantes a perturbaciones como *Anisognathus igniventris* y *Conirostrum rufum*, lo cual explica la similitud

entre sus avifaunas. Después sigue un grupo de seis sitios; cuatro de ellos (Chía-Cerca de Piedra, Tenjo, Tabio y el Cerro de la Conejera) tienen avifaunas muy similares por compartir matorrales y bosques secundarios de los cerros interiores de la Sabana; también tienen áreas abiertas y rastrojos. Es de interés la separación entre los sitios de los cerros del interior de la Sabana y los sitios de los Cerros Orientales en este grupo, debido a su menor riqueza de especies de bosques y la presión de urbanización a la que están sometidos (véase más adelante). El humedal de Guaymaral se aparta de este grupo por su diversidad de aves acuáticas y el Valle del Teusacá por la predominancia de áreas abiertas y



**Figura 5.** Análisis de conglomerados de las localidades según la abundancia de las especies registradas a lo largo de los conteos navideños de aves de la Sabana de Bogotá. (Solo se incluyeron localidades visitadas 6 o más años). Número de las localidades según Tabla 1: CSRafael:4; ParChi:11; CaleraCC:15; Hguay:13; Chia:14; Tenjo:20; CerCon:18; Tabio:1; ValTeu:5; QueChi:12; CerTor:23; AurAlt:4; FloLSab:19; Hjama:16; LaFlor:2; HCone:7; ClubLL:22; Cota:17; Hsmaria:9; JarBot:3; PSBoli:6; Hsalitre:21; HCord:8; Hjaboq:10

algunas aves acuáticas. Finalmente, las cuatro localidades restantes (la quebrada del Chicó, Aurora Alta, los cerros de Torca y la Floresta de la Sabana) se separan del resto del primer grupo por ocupar las partes altas de los Cerros Orientales, con áreas de bosque altoandino más conservados con avifaunas más ricas en especies de los niveles medios y altos de los bosques (e.g., *Xiphocolaptes promeropirhynchus*, *Margarornis squamiger*, *Ochthoeca rufipectoralis*, *O. diadema*, *Pseudospingus verticalis*, *Cacicus chrysonotus*, *Conirostrum sitticolor*, *Cnemathraupis eximia*) y varias especies de colibríes de bosque como *Coeligena helianthea*, *Metallura tyrianthina*, *Eriocnemis cupreiventris* y *Ensifera ensifera* (Tabla S2).

El segundo gran grupo de localidades incluye a la

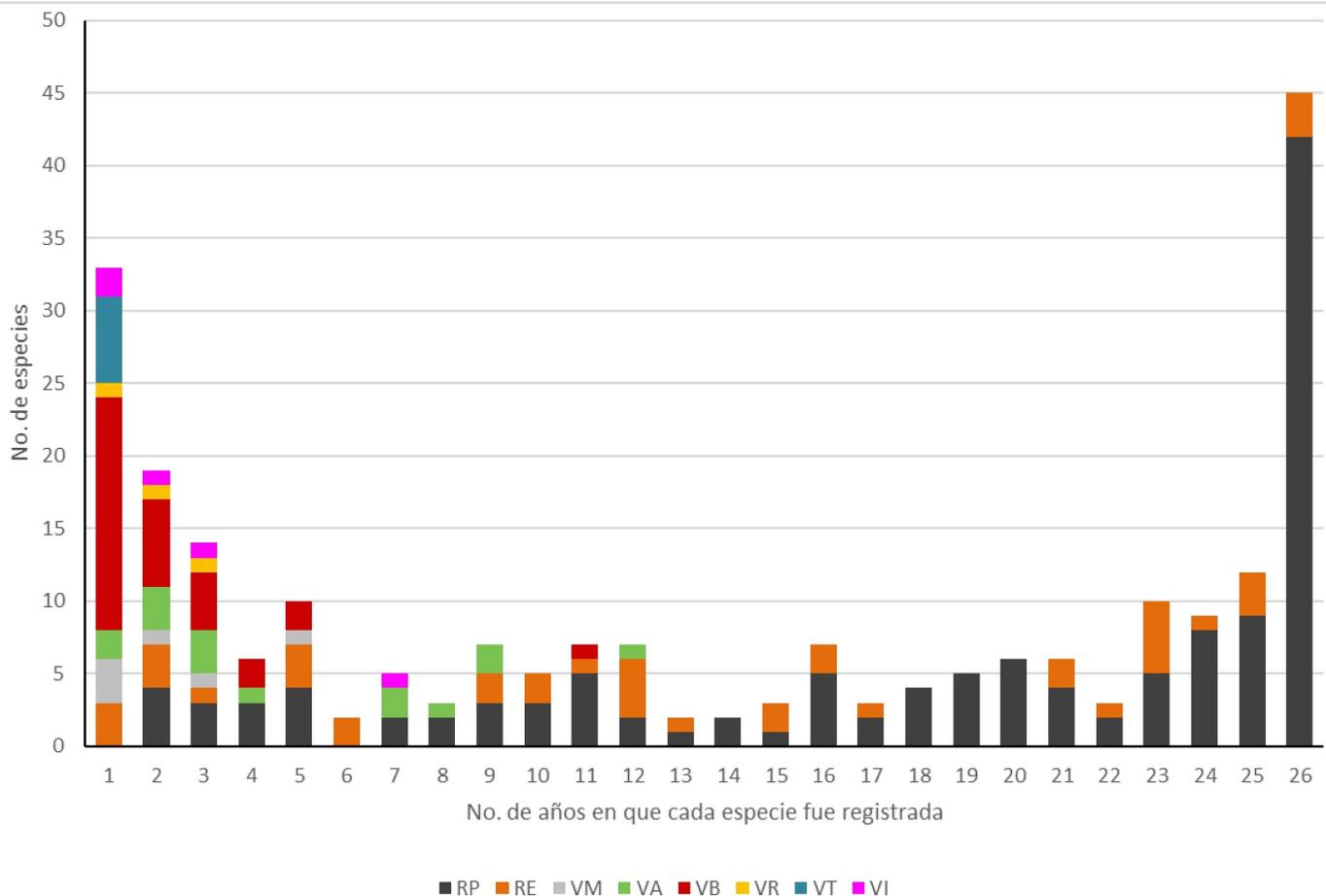
mayoría de los humedales de la parte plana de la Sabana. Estos sitios se dividen en dos conjuntos en gran parte debido a las diferencias en sus entornos. Los humedales del primer conjunto (La Conejera, el Parque de la Florida, Juan Amarillo, Los Lagartos y Cota) colindan por lo menos en parte con áreas rurales; varios de ellos soportan una avifauna más rica de especies acuáticas también. Las localidades del segundo conjunto (Jardín Botánico, Parque Simón Bolívar, Santa María del Lago, Humedal El Salitre, Humedal de Córdoba) están más rodeadas de áreas urbanas diversas. Los sitios cuyos humedales colindan con parques urbanos extensos y vegetación que incluyan a especies nativas en sus bordes como el Jardín Botánico y el humedal de Córdoba (con el Parque de Niza) son especialmente ricos en especies migratorias y visitantes. Los otros humedales son más pequeños, con cuerpos de agua y parques aledaños con menos diversidad de vegetación y compartiendo especialmente especies de amplia distribución como *Orochelidon murina*, *Turdus fuscater*, *Zonotrichia capensis* y *Troglodytes aedon* (Fig. 5, Tabla S2).

**Estados de presencia de las especies en diferentes sitios y hábitats.-** Partimos de la clasificación de las especies según sus estados de presencia dentro del círculo para evaluar sus patrones de frecuencia, distribución y abundancia, según las clases semicuantitativas definidas en la Tabla 3. La curva de frecuencias (número de años contados) de las especies tiene forma de U, con la mayoría de las especies registradas en muchos años siendo residentes permanentes o estacionales y la mayoría de las visitantes en uno o pocos años (Fig. 6). Es de notar que la distribución de frecuencias de los residentes permanentes muestra dos picos menores alrededor de 2-5 y 9-11 años que se relacionan con sus hábitats más usados: el primer pico corresponde a especies del bosque altoandino, en donde las densidades de muchas

especies son bajas, haciéndolas más difíciles de detectar excepto por sus vocalizaciones; el segundo incluye una mayoría de especies acuáticas restringidas a los humedales. La distribución de frecuencias de las residentes permanentes tuvo un sesgo fuerte hacia las clases más altas de frecuencia, pero la de los residentes estacionales fue más equitativa entre clases, en parte porque la mayoría de estas especies no fue registrada en todos los años, una diferencia altamente significativa. Aunque fueron menos especies, las visitantes desde zonas más altas fueron detectadas significativamente en más años que las de elevaciones más bajas (Tabla 8A).

Hubo una relación inversa entre el número de especies y el número de sitios en que fueron registradas (Fig. 7). Las clases de especies registradas en más sitios fueron principalmente

de residentes permanentes y estacionales, entre las cuales no hay una diferencia significativa entre clases de números de sitios de registros. Un pico menor alrededor de 12 sitios en ambos grupos de residentes refleja el número de sitios con humedales, y el gran número de residentes permanentes registradas en pocos sitios refleja en gran medida el número más pequeño de sitios con bosque altoandino bien conservado, en donde varias residentes son raras o difíciles de detectar (en cambio, este hábitat alberga apenas una especie regular de residente estacional). La gran mayoría de las visitantes de todas las clases solo fueron observadas en uno o pocos sitios, aunque los visitantes de zonas altas fueron registrados en significativamente más sitios que los de zonas bajas (Tabla 8B). Vale notar aquí que incluimos a *Spatula discors* dos veces (como residente permanente y residente estacional)



**Figura 6.** Números de especies registradas en diferentes números de años durante los Conteos Navideños de la Sabana de Bogotá (1989-2014). Para ver estado de residencia en el círculo ver Tabla 3.

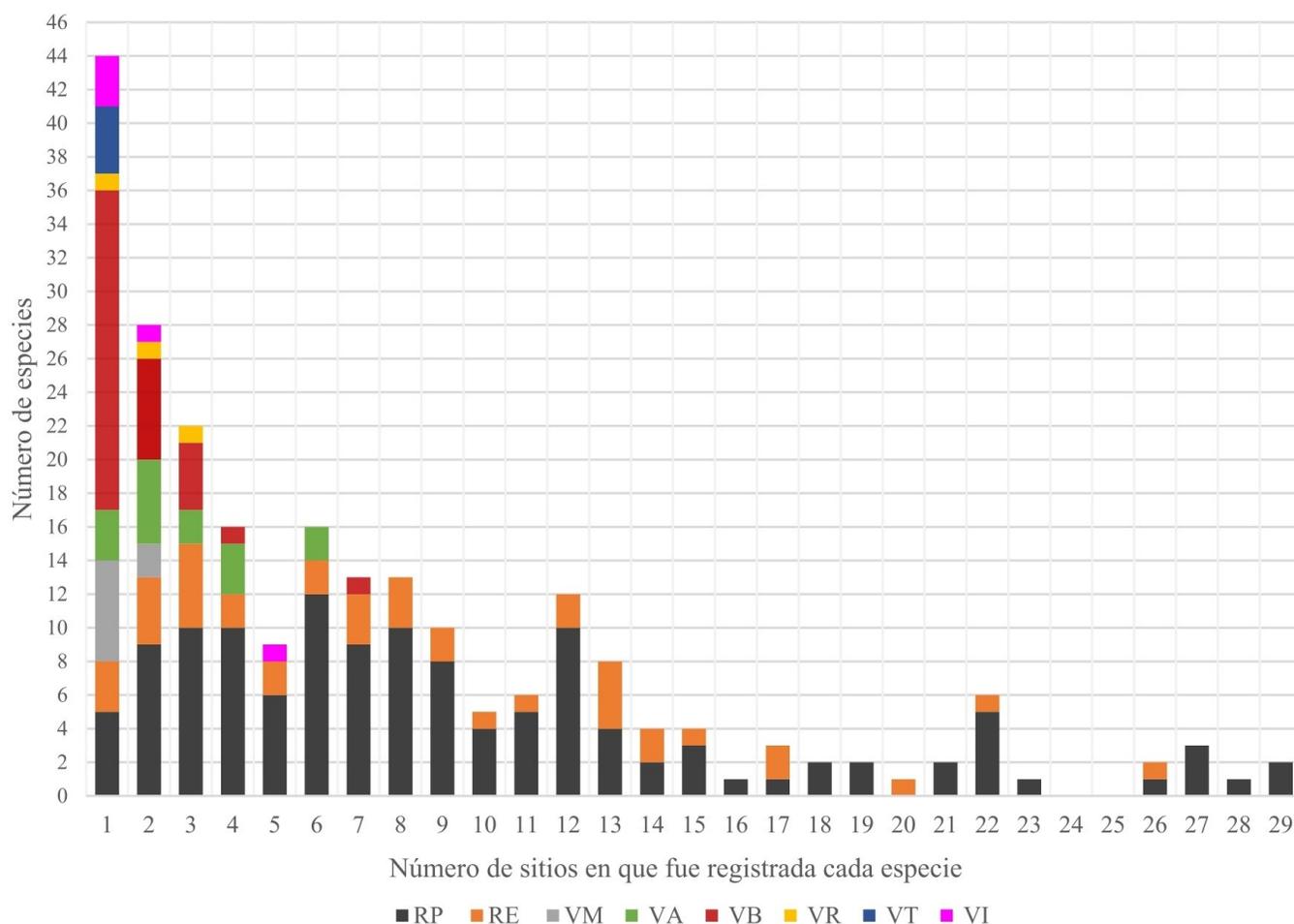
**Tabla 8.** Números de especies de diferentes estados de presencia en el círculo con respecto a sus frecuencias, distribuciones y abundancias. Comparaciones con pruebas de Kolmogorov-Smirnov de dos muestras.

A. Frecuencias (números de años registradas en los conteos; cf. Fig. 6).									B. Distribuciones (números de sitios registrados en los conteos; cf. Fig. 7)							
Clases de números de años registradas									Clases de números de sitios registrados							
Estado en el círculo	1	2	3	4	5	6	7	Totales	Estado en el Círculo	1	2	3	4	5	6	Totales
RP	2	8	9	16	12	22	59	128 <sup>1</sup>	RP	5	19	27	31	28	18	128 <sup>1</sup>
RE	3	5	5	8	7	7	8	43	RE	3	8	8	7	14	3	43
VM	3	3	2	0	0	0	0	8	VM	5	3	0	0	0	0	8
VA	3	3	3	3	0	0	0	12	VA	3	4	5	0	0	0	12
VB	16	11	4	1	0	0	0	32	VB	19	9	3	1	0	0	32
VR	0	0	2	0	0	0	0	2	VR	0	2	0	0	0	0	2
VT	4	1	0	0	0	0	0	5	VT	5	0	0	0	0	0	5
VI	2	1	1	1	0	0	0	5	VI	3	1	1	0	0	0	5
Pruebas de Kolmogorov-Smirnov: Todas residentes vs. todas visitantes: Dmax = 0,782*** RP vs. RE: Dmax = 0,284 ** VA vs. VB: Dmax = 0,234**									Pruebas de Kolmogorov-Smirnov: Todas residentes vs. todas visitantes: Dmax = 0,639*** RP vs. RE: Dmax = 0,071, ns VA vs. VB: Dmax = 0,344 **							
C. Abundancias promedios de abundancias en los años registrados; (cf. Anexo 1).																
Clases de abundancia																
Estado en el círculo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Totales						
RP		4	4	10	10	13	20	24	13	29	127 <sup>1</sup>					
RE		5	2	5	6	8	5	4	3	5	43					
VM		4	0	4	0	0	0	0	0	0	8					
VA		3	2	2	4	1	0	0	0	0	12					
VB		18	6	7	0	1	0	0	0	0	32					
VR		0	0	1	1	0	0	0	0	0	2					
VT		3	1	0	0	0	0	0	1	0	5					
VI		2	0	1	1	0	1	0	0	0	5					
Pruebas de Kolmogorov-Smirnov: Todas residentes vs. todas visitantes: Dmax = 0,738*** RP vs. RE: Dmax = 0,282** VA vs. VB: Dmax = 0,333**																

1 = En partes A y B, se agregó a *Spatula discors* como RP debido a su reproducción dentro del círculo; en parte C no se lo agregó porque en diciembre, no es posible distinguir entre individuos del primer año entre los residentes permanentes y estacionales (migratorios).

debido a su "estado doble" en los análisis de frecuencias y distribuciones. En cuanto a abundancias, las especies en las clases de mayor abundancia fueron casi todas residentes permanentes excepto *Spatula discors*, que fue un residente estacional abundante (no era posible evaluar su contribución como residente permanente, porque en diciembre era imposible distinguir entre individuos de primer año producidos localmente y los migratorios de la misma edad). Las clases de abundancias bajas y medias incluyeron la mayoría de los residentes

permanentes y estacionales, pero los residentes permanentes fueron significativamente más abundantes. Por otro lado, casi todas las visitantes se ubicaron en las clases de bajas abundancias (Tabla 8C). La única excepción fue una bandada de ca. 365 individuos de una especie de *Progne* (por su tamaño grande) que apareció en el conteo de 2005 en Tenjo, pero no se encontró el día siguiente (por lo tanto, clasificamos esta bandada como visitantes en tránsito). La ausencia de individuos completamente oscuros excluye a *P. subis* y la



**Figura 7.** Números de especies registradas en diferentes números de sitios durante los Conteos Navideños de la Sabana de Bogotá (1989-2014). Para ver estado de residencia en el círculo ver Tabla 3.

fecha hace poco probable que fueran migratorias australes de *P. chalybea* o *P. tapera fusca*. La subespecie tapera es residente sobre los ríos grandes del oriente del país y también del río Magdalena y aparentemente realiza movimientos estacionales no bien documentados, a veces formando dormitorios comunales de centenares de aves (T. McNish, comunicación personal), así que dejamos esta identificación tentativa en "*Progne t. tapera(?)*".

**Cambios de abundancia a lo largo del periodo de estudio.-** En total hicimos el análisis de regresiones para 153 especies, casi dos tercios de las 234 especies registradas en los conteos (Tabla S3). De éstas, 48 especies registraron aumentos y 30 especies disminuyeron por lo menos

levemente, mientras 74 especies no mostraron cambios apreciables - en efecto, los conteos detectaron cambios de abundancia en la mitad de avifauna analizada (Tabla 9). Casi todas las especies que mostraron aumentos o disminuciones son residentes; es notable que los aumentos de abundancia superaron las disminuciones, y que esta diferencia fue más pronunciada entre los residentes estacionales que entre los permanentes (respectivamente, 78% vs. 60% de los cambios fueron aumentos). Entre las 64 especies de visitantes, solo 8 (12%) alcanzaron los seis años de registros requeridos para las regresiones: cuatro especies de visitantes de zonas altas, una de zonas más bajas y una introducida. Las dos especies de visitantes reproductivos no mostraron cambios apreciables

durante sus períodos de presencia, aunque ambas luego desaparecieron. Entre las especies de visitantes de zonas altas, una (*Ramphomicron microrhynchum*) aumentó levemente y tres (*Lesbia victoriae*, *Agleactis cupripennis* y *Pterophanes cyanopterus*) disminuyeron significativamente; la especie de zonas bajas (*Crotophaga major*) y la introducida (*Eupsittula pertinax*) no mostraron cambios apreciables.

Entre las especies de residentes permanentes que aumentaron notablemente, seis llegaron al área del círculo, se reprodujeron y su abundancia seguía aumentando al final del estudio: *Phimosus infuscatus*, *Vanellus chilensis*, *Rupornis magnirostris*, *Elanus leucurus*, *Icterus icterus* y *Quiscalus lugubris*; *Asio clamator* se estableció como residente, pero sin registrar un aumento significativo en abundancia después (Tabla S3). Otra especie que llegó desde elevaciones menores fue *Machetornis rixosa* en 2005; aunque no se obtuvieron más registros en los conteos, una pareja anidó unos 300 m al sur del círculo en la Universidad Nacional en 2006 (FGS, observación personal), y se encontró anidando en

2013 en Tocancipá, al norte del círculo (fide F. Castro); aunque podría haber estado presente en el círculo durante este intervalo, para considerarla como residente permanente se requieren más datos. Es interesante que casi todas las especies recién llegadas al círculo probablemente provienen del oeste (el valle de Magdalena, el piedemonte occidental de la cordillera Oriental o el extremo suroccidente de la Sabana) y ninguna de los Llanos Orientales. Es menos claro desde dónde llegó *Icterus icterus*: no hay poblaciones naturales a la latitud de Bogotá a ningún lado de la cordillera. Sin embargo, dado que han sido observados durante años (aunque no necesariamente en los conteos) individuos solitarios en varias partes del círculo, es posible que éstos fueron escapados de cautiverio (o liberados después de un decomiso).

Diversas especies residentes registraron aumentos altamente significativos: (v. gr., *Penelope montagnii*, *Colibri coruscans*, *Synallaxis subpudica*, *Tyrannus melancholicus*, *Troglodytes aedon*, *Turdus fusca*, e *Icterus chrysater*) (Fig. 8). De manera similar, las regresiones para

**Tabla 9.** Resumen de los cambios de abundancia de las aves de diferentes estados de presencia en el círculo de la Sabana de Bogotá a lo largo de 26 años (1989-2014). Se presenta el número de especies de cada estado en cada tendencia.

Tipos de cambios de estado							
Estado	A*	A°	NC	D°	D*	NA	TOTAL
RP	33§	4	52	8	16†	14	127
RE	8	3	18	2	1	11	43
VM	0	0	0	0	0	8	8
VA	0	1	2	0	3	6	12
VB	0	0	1	0	0	31	32
VR	0	0	0	0	0	2	2
VT	0	0	0	0	0	5	5
VI	0	0	1	0	0	4	5
<b>TOTAL</b>	<b>41</b>	<b>8</b>	<b>74</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>81</b>	<b>234</b>

A = aumento; D = disminución; NC = no hubo cambio; \* = cambio significativo, ° = cambio leve, respectivamente; NA = no analizada (véase el texto). † = incluye a dos especies (*Ixobrychus exilis*, *Eremophila alpestris*) contadas en el círculo en los primeros años y desaparecieron sin acumular seis años de registros, aunque fueron observados en años anteriores de los conteos. § = incluye a una especie (*Quiscalus lugubris*) que llegó al final del período y luego aumentó sin alcanzar seis años de registros. Estas especies no fueron analizadas con regresiones, pero si contadas como disminuciones y aumento, respectivamente.

diversas especies de residentes permanentes y algunas visitantes mostraron disminuciones altamente significativas: (v. gr., *Tyto alba*, *Pterophanes cyanopterus*, *Eriocnemis cupreovertris*, *Ochthoeca fumicolor*, *Cistothorus apolinari*, *Diglossa lafresnayii*, dos especies de *Catamenia*, *Spinus spinescens* y *Sturnella magna*) (Tabla 9, Fig. 8, [Tabla S3](#)). Entre las especies que no mostraron cambios apreciables, los números contados por año variaron entre casi constante (v. gr., *Chrysomus icterocephalus*) a muy variable (*Oxyura jamaicensis*) (Fig. 9).

Algunas especies desaparecieron de las elevaciones bajas del círculo durante los años de estudio ([Tabla S1](#)). *Ochthoeca fumicolor* estuvo presente desde el inicio de los conteos en localidades de la parte plana de la Sabana (Tabio y Tenjo) con elevaciones entre los 2600 y 2700m, luego fue disminuyendo allí hasta el 2000, sin registros posteriores. En localidades de mayor elevación (Aurora Alta y Floresta de la Sabana, que alcanzan hasta los 3000 m), su presencia se prolongó hasta los años 2009-2010, última fecha en que se observó. Otra especie que desapareció desde 2009 fue *Eriocnemis cupreovertris*; estaba presente en 6 localidades a elevaciones de 2600-2700m en los primeros años, pero después de ca. 1995 los registros se limitaron a elevaciones progresivamente más altas; el último registro en los conteos fue en 2009 en Aurora Alta a 2950m.

*Cistothorus apolinari* se registró desde 1989, principalmente en La Florida y en La Conejera con registros aislados en otros 4 humedales ([Tablas S1](#) y [S2](#)). No se observa un patrón de desaparición de la especie entre los diferentes humedales, sino una disminución continua. En La Conejera, se registró por última vez en 2010 y en La Florida el último individuo fue observado en 2013; en 2014 no se registró en ninguno de los humedales.

Además de estos cambios unidireccionales, siete

especies de residentes permanentes presentaron casos más complejos porque las direcciones de los cambios cambiaron a lo largo del período. Para la mayoría, un período de 10 o más años de aumentos (*Bubulcus ibis*, *Zenaida auriculata*, *Thraupis episcopus* y *T. palmarum*) o estabilidad (*Elaenia frantzii*, *Zonotrichia capensis*) cambió a disminuciones en los últimos 5 a 8 años (Tabla 10, Figura 9). La excepción fue *Molothrus bonariensis*, cuya abundancia aumentó significativamente durante la parte inicial del estudio (incluyendo datos atípicos debido a bandadas sobrevolando el área), seguido por unos años de aumento mucho más leve (Tabla 10).

Entre las 43 residentes estacionales (casi todas migratorias boreales), la proporción de especies que aumentaron fue mayor, y la de las que disminuyeron fue menor que en los residentes permanentes según las regresiones (Tabla 9, [Tabla S3](#)). Como la mayoría de las que aumentaron se conocían principalmente como migratorias de paso, es evidente que muchas de ellas estaban pasando a ser residentes invernales durante este período. De hecho, las regresiones podrían estar subestimando este cambio: al comparar el número de años en que fueron registradas varias especies en la primera vs. la segunda mitad del período, seis especies mostraron registros más frecuentes en los últimos 13 años aunque sus regresiones no detectaron cambios numéricos de abundancias; además, dos especies más no analizadas por regresiones también fueron registradas más frecuentemente en la segunda mitad del estudio (Tabla 11), de tal forma que se podría concluir que hasta 19 especies aumentaron como residentes invernales durante el estudio, reforzando esta tendencia unidireccional de cambios.

## Discusión

Nuestros resultados demuestran que la avifauna de la Sabana de Bogotá ha sido muy dinámica a

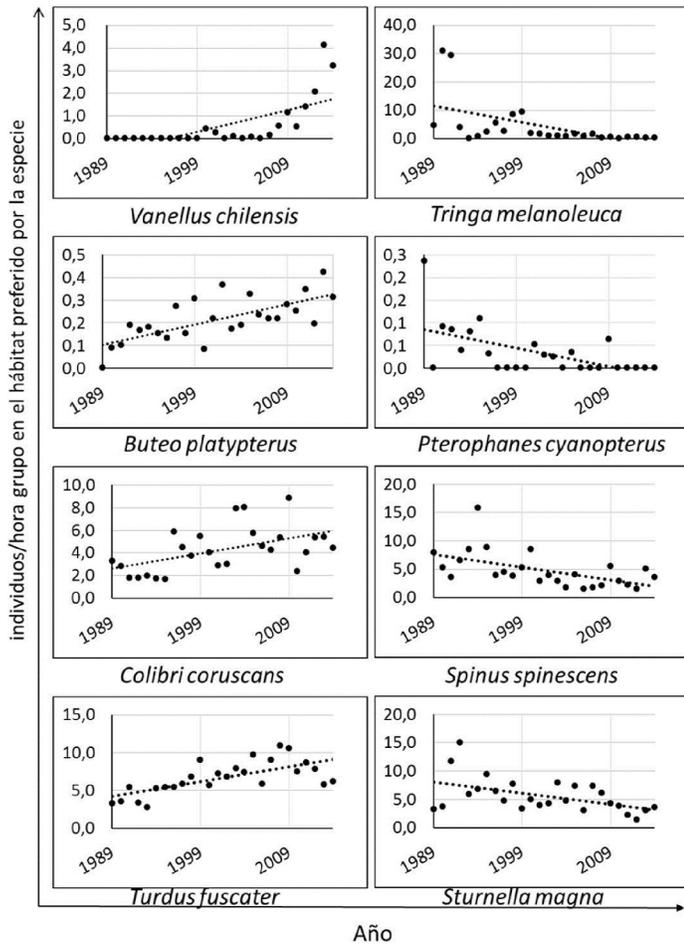


Figura 8. Ejemplos de especies que aumentaron o disminuyeron significativamente entre 1989 y 2014 en el círculo de los Conteos Navideños de la Sabana de Bogotá.

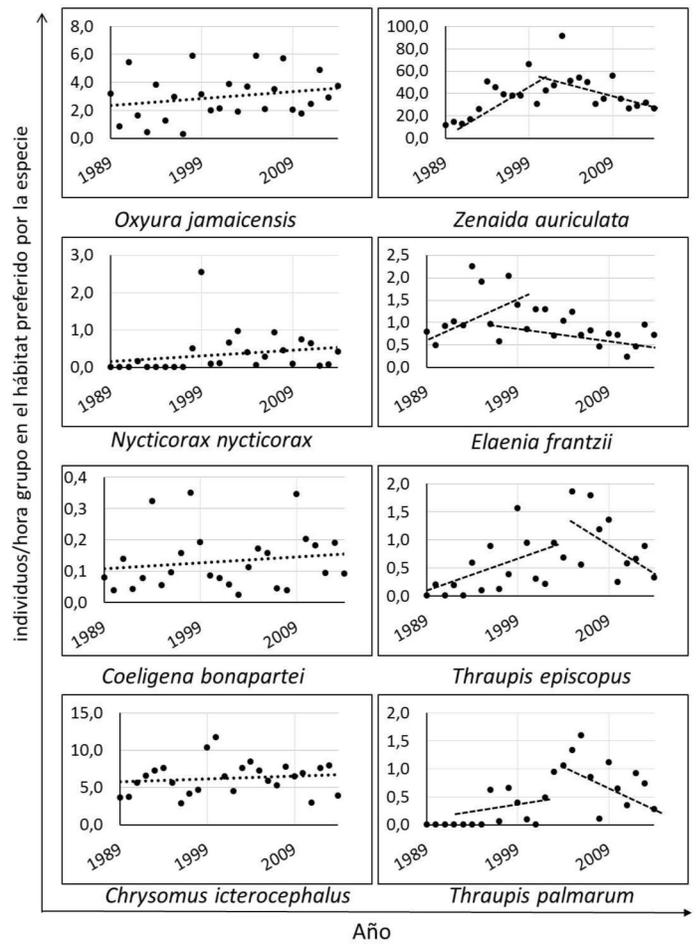


Figura 9. Ejemplos de especies que se mantuvieron estables o tuvieron cambios en la dirección de sus tendencias a lo largo del período de estudio (1989 and 2014) en el círculo de los Conteos Navideños de la Sabana de Bogotá.

lo largo del período de los conteos. Las abundancias de más de la mitad de las especies analizadas cambiaron, algunas especies nuevas entraron y otras antes frecuentes dejaron de ser observadas. El reto más interesante pero difícil es intentar determinar cuáles de los factores generales, actuando solos o en varias combinaciones, puedan ayudar a explicar tantos cambios en tantas especies tan variadas en sus afinidades taxonómicas, estados de presencia y usos de los hábitats. Procedemos a examinar en más detalle las posibles influencias de estos factores.

**Falta de continuidad en los conteos.-** Este parámetro ha sido un problema potencial a lo

largo del período porque puede afectar la representación de diferentes hábitats en los resultados finales. El ejemplo más evidente es la representación del bosque bien conservado de los cerros Orientales de la Sabana, el hábitat con la mayor riqueza de especies, muchas de las cuales ocurren naturalmente en bajas densidades. Solo un sitio a estas alturas (Aurora Alta) tuvo continuidad a lo largo de casi todo el período, pero a partir de 2000 agregamos otro (Cerros de Torca, luego Floresta de la Sabana) con bosques también bien conservados. Al duplicar el número de sitios con tales bosques, se pudieron efectivamente haber duplicado los números contados de ciertas especies, lo cual podría verse reflejado en aumentos aparentes en sus

**Tabla 10.** Cambios complejos en las tendencias de abundancia de siete especies de residentes permanentes a lo largo del estudio, con las posibles causas de estas tendencias.

Especie	Años	Pendiente	p	Interpretación	Posibles causas
<i>Bubulcus ibis</i>	1989-1999	3,2374	0,0434	Aumento significativo	Aumento en reproducción dentro del círculo
	2000-2014	-1,6328	0,0186	Disminución significativa	Reducción de potreros por urbanización, floricultura
<i>Zenaida auriculata</i>	1989-2003	3,7292	0,0007	Aumento significativo	Adaptación urbana; ¿isla de calor, cambio climático?
	2004-2014	-2,6064	0,0092	Disminución significativa	¿Aumento de enfermedades, parásitos? ¿depredación? ¿competencia con <i>Columba livia</i> ?
<i>Elaenia frantzii</i>	1989-1998	0,1818	0,1652	Sin cambio notable	
	1999-2014	-0,0403	0,0063	Disminución significativa	¿Cambio climático? ¿sucesión en matorrales?
<i>Thraupis episcopus</i>	1989-2005	0,0548	0,0096	Aumento significativo	Adaptación urbana; ¿isla de calor, cambio climático?
	2006-2014	-0,1217	0,0621	Disminución leve	¿Parasitismo por <i>M. bonariensis</i> ?
<i>Thraupis palmarum</i>	1989-2006	0,0093	0,0026	Aumento significativo	Adaptación urbana; ¿isla de calor, cambio climático?
	2007-2014	-0,0795	0,0636	Disminución leve	¿Parasitismo por <i>M. bonariensis</i> ?
<i>Zonotrichia capensis</i>	1991-2009	-1,2372	0,1857	Sin cambio notable	Excluyen dos "outliers" atípicos al principio
	2010-2014	-2,7070	0,0404	Disminución significativa	¿Parasitismo por <i>M. bonariensis</i> ? ¿urbanización?
<i>Molothrus bonariensis</i>	1989-1998	1,0860	0,0142	Aumento significativo	Aumento especialmente en humedales urbanos
	1999-2014	0,1684	0,1020	(Casi) aumento leve	Aumento en otros hábitats, especialmente parques urbanos

abundancias según las regresiones (v. *gr.*, *Glaucidium jardinii*, *Margarornis squamiger*, *Coeligena helianthea*, *Cacicus chrysonotus*, *R. microrhynchum*). Por lo tanto, podrían ser menos confiables como aumentos reales de sus poblaciones. Igualmente, es posible que los aumentos de algunas especies nocturnas (v. *gr.*, *Megascops choliba*) podrían no reflejar cambios verdaderos porque se dedicó más tiempo a observaciones auditivas nocturnas en los conteos de los últimos años. También es indudable que aumentó el número de observadores conocedores de las especies y cantos de las aves. Finalmente, durante estos años se aprovechó más la disponibilidad de grabaciones de varias especies, lo cual facilitó la detección de algunas aves del bosque en particular. Sin embargo, al examinar los datos, no encontramos mayores diferencias en los números de detecciones auditivas vs. visuales a lo largo del período.

#### Acciones directas e intencionales del hombre.- El

aumento de la abundancia de *Penelope montagnii* bien pudo reflejar la disminución de la cacería de esta especie en varios sitios como Tabio y Aurora Alta. También la eliminación de la cacería de *Zenaida auriculata* reportada por Olivares (1969) como intensa podría explicar en parte su aumento fuerte durante la primera mitad del período de los conteos. No encontramos cazadores de *Patagioenas fasciata* en los cerros durante los conteos, aunque tal cacería fue intensa en el pasado (Olivares 1969) y aún se mantiene en algunos sectores de la Sabana como Suesca; su población se mantuvo estable sobre este período, sin embargo, en pocas ocasiones hemos notado bandadas grandes, otrora frecuentes en las montañas alrededor de Bogotá. Otro tipo de cacería era para aves de jaula apreciadas por sus cantos, especialmente *Icterus chrysater* y *Mimus gilvus*, pero esta práctica casi había cesado en el círculo cuando comenzamos los conteos; estas especies mostraron aumentos significativos y leves respectivamente a lo largo

**Tabla 11.** Comparación entre el número de años en que ciertas migratorias boreales fueron registradas en la primera vs. la última mitad del estudio. Esta lista excluye a las especies registradas casi todos los años, pero incluye a especies no analizadas por regresiones por tener pocos registros (ç); para las especies analizadas con regresiones, incluimos con cambios significativos (\*) o leves (°) o sin detección en cambio de abundancia (§). Note que en la mayoría de especies no analizadas con regresiones o cuyas regresiones no detectaron cambios de abundancia, se detectaron en más años en la segunda mitad de los conteos.

Especie	No. años reg. 1989-2001	No. años reg. 2002-2014
<i>Ardea herodias</i> §	1	5
<i>Butorides virescens</i> ç	2	3
<i>Gallinago delicata</i> ç	4	1
<i>Coccyzus americanus</i> §	3	3
<i>Tyrannus tyrannus</i> °	5	7
<i>Contopus virens</i> *	3	13
<i>C. cooperi</i> §	3	5
<i>Empidonax alhorum</i> *	6	11
<i>Myiarchus crinitus</i> ç	0	5
<i>Hirundo rustica</i> §	7	5
<i>Catharus ustulatus</i> *	8	13
<i>Mniotilta varia</i> §	7	10
<i>Setophaga striata</i> §	5	5
<i>Geothlypis philadelphia</i> §	4	6
<i>Cardellina canadensis</i> §	4	8
<i>Piranga olivácea</i> §	6	10
<b>Total años</b>	<b>13</b>	<b>13</b>

Especies analizadas con regresiones: \* = aumento significativo; ° = aumento leve; § = sin cambio notable; ç = no analizada por regresiones por tener 5 o menos años de registros.

de los conteos. Por otra parte, la disrupción de una colonia de anidación de *Bubulcus ibis* y *Nycticorax nycticorax* en Humedal de La Conejera en 2000 aparentemente fue causada por "cazadores" (L. J. Vargas, comunicación personal). Sin embargo, las acciones humanas más importantes durante el período de los conteos fueron las que produjeron cambios en los hábitats de las aves. Estas acciones fueron de tres tipos: intervenciones en varios humedales, el aumento de la urbanización y arborización en varios parques, avenidas y en las rondas de algunos humedales urbanos. Durante varios años, la Empresa de Acueducto y Alcantarillados de Bogotá (EAAB) hizo obras en varios humedales, algunas favorables para las aves y otras nocivas. En Jaboque, La Conejera y Córdoba se abrieron

espejos de agua y aumentaron las áreas de juncales con mejor surtido de agua (en parte como respuesta a las exigencias legales de las organizaciones no gubernamentales protectoras de estos humedales), las cuales favorecieron a varias especies de aves acuáticas. Sin embargo, otras acciones como la eliminación de los suministros de agua del humedal de Torca y la parte mejor conservada de Juan Amarillo fueron negativas, igual que la construcción de un lago en este último humedal en el que se eliminó la vegetación acuática y se pusieron bordes de cemento. La remoción manual del buchón (*Eichhornia crassipes*) del humedal de La Florida por parte del Instituto Distrital de Recreación y Deporte cesó en 1992 y después de dos años el crecimiento de esta planta tapó totalmente el espejo de agua y eliminó una población grande de *Porphyriops melanops*; el control químico del buchón logró restablecer el espejo de agua pero no la recuperación de la población de *P. melanops*. Otra población de esta especie y una de *Oxyura jamaicensis* fueron eliminadas con el drenaje de la laguna de Timaná o El Salitre por sus dueños entre 2009 y 2011. El relleno ilegal de parte del humedal de Guaymaral entre 2011 y 2012 también afectó la población de *P. melanops*, que actualmente sobrevive dentro del círculo en buenos números principalmente en algunos estanques del valle del Teusacá y a lo largo del río Bogotá (Rosselli *et al.* 2014).

El impacto de urbanización se notó especialmente por la construcción de muchos establecimientos comerciales, bodegas, invernaderos para floricultura y proyectos de vivienda de lujo sobre terrenos de potreros y cultivos en varias partes del círculo. Desde 1986, el porcentaje de áreas rurales disminuyó en 30-40% hacia 2005, y en 65-70% en 2016 (Stiles *et al.* 2017, Anónimo 2018, Fig. 10), especialmente en el borde norte del círculo en municipios aledaños como Chía y Cajicá, eliminando hábitat rural para

varias especies como *Bubulcus ibis*, *Tyto alba*, *Sturnella magna*, *Sicalis luteola* y *Catamenia analis* con las consecuentes disminuciones de sus poblaciones. Otro efecto de la urbanización en la parte norte dentro de la ciudad fue el remplazo de casas particulares con jardines y árboles por bloques de apartamentos con pocas áreas verdes, lo cual pudo haber afectado las poblaciones de algunas aves urbanas como *Diglossa humeralis* y *Zonotrichia capensis*. La rápida expansión de la población de *Zenaida auriculata* durante la primera década del periodo es notable y sugiere que esta especie logró adaptarse fácilmente al medio urbano en pocos años. Sin embargo, esta especie depende de árboles para su anidación y áreas verdes como céspedes para forrajear (frecuentemente aprovechando que la gente le arroja arroz o restos de comida como boronas de pan). La reducción de árboles debido al cambio del modo de urbanización de estos sectores pudo haber favorecido a *Columba livia* que anida sobre edificios, aunque no incluimos esta especie en nuestros análisis. Actualmente se encuentra a *C. livia* en muchos parques y calles donde antes sólo se observaba a *Z. auriculata*, y en grupos densos desplaza a ésta de estas fuentes de alimento (observaciones personales), lo cual podría haber contribuido a su disminución hacia el final de los conteos (Fig. 9). Todo esto demuestra que la urbanización progresiva es un proceso complejo, que puede favorecer a algunas especies en una etapa y perjudicarlas en otra etapa (González-Lagos & Quesada 2017).

La urbanización puede afectar las aves acuáticas, no solo por la disminución de las áreas de humedal sino por el efecto negativo que tiene la matriz urbana sobre especies como *Oxyura jamaicensis* y *P. melanops* (Rosselli & Stiles 2012a, b; véase también Mao et al. 2019). Esta seguramente es otra de las causas del descenso

de las poblaciones de *P. melanops* quien se moviliza a través de canales, acequias y potreros inundados en zonas rurales que desaparecen con la urbanización (Rosselli & Castro, en preparación). La construcción de ciclorrutas con diques dentro de humedales urbanos puede haber contribuido a su fragmentación, además de producir un aumento de disturbio humano que podría afectar la anidación de algunas especies.

Los programas de arborización en la ciudad han sido de dos tipos. La siembra de plantas exóticas incluyendo a algunas con frutos carnosos (especialmente *Syzygium paniculatum*) en parques y avenidas urbanas del Distrito parece haber beneficiado a *Turdus fuscater*, cuya población urbana aumentó notablemente durante el período, pero no en áreas naturales como matorrales y bosques (Stiles et al. 2017). La presencia de grupos de árboles como *Acacia melanoxylon* ha beneficiado a *Zenaida auriculata*, quien los aprovecha para dormitorios comunales, y a veces se alimenta de sus semillas: su población urbana aumentó notablemente durante varios años, pero no su población rural (Stiles et al. 2017). En cambio, las arborizaciones de las rondas de humedales como La Conejera y Córdoba por sus ONGs respectivas se hizo más con especies nativas permitiendo el crecimiento de un sotobosque denso y produjeron aumentos notables en las poblaciones urbanas de varias especies como *Synallaxis subpudica*, *Mecocerculus leucophrys*, *Troglodytes aedon*, posiblemente *Arremon assimilis* y *Myiothlypis nigrocrystata* y las poblaciones invernantes de algunas especies migratorias. El establecimiento o mejoramiento de jardines en algunos parques como Santa María del Lago y el Jardín Botánico podría haber favorecido a algunas especies como *Colibri coruscans* y *Diglossa sittoides*; esta última especie parece haber expandido su distribución local notablemente durante el período de los conteos.



**Figura 10.** Imágenes (Google Earth) para los años 1986 y 2014 que muestran el avance de la urbanización en el círculo de los Conteos Navideños durante este período; note especialmente la reducción de la amplitud de la zona rural entre la ciudad y los municipios hacia el norte.

#### Cambios “naturales” de algunos hábitats.-

Aunque tales cambios en últimas pueden reflejar alteraciones provocadas por el hombre, no se deben a acciones deliberadamente tomadas por él. Un ejemplo es la sucesión hacia bosque secundario en los matorrales en varios sitios después de deforestación o incendios en años anteriores. En Aurora Alta, que ha sido monitoreado continuamente durante 24 años, la vegetación del matorral ha crecido desde mostrar una altura de 1-3m en 1991 hasta 3-6m actualmente, con más árboles en varios sectores. En mayor o menor grado, lo mismo ha pasado en otros sitios con matorral secundario extenso, como Tabio, y en este intervalo especies como *Coeligena helianthea*, *Grallaria squamigera*, *G.*

*ruficapilla*, *Atlapetes schistacea* y *Thlypopsis superciliaris* han aumentado en abundancia.

Una consecuencia indirecta de las urbanizaciones, tanto dentro como afuera de la ciudad, ha sido un aumento de la contaminación de las aguas de varios humedales por falta de una planificación adecuada de la disposición de las aguas residuales. Esto ha producido una colmatación por plantas macrófitas, reduciendo algunos espejos de agua y eliminando bordes fangosos de aguas pandas. Tales cambios han favorecido algunas especies como *Gallinula galeata*, pero pueden haber afectado negativamente a *Fulica americana* y especies de *Gallinago* y *Tringa*, así como a las dependientes de espejo de agua como *Porphyriops melanops* (Rosselli & Stiles 2012b). Sin embargo, *F. americana* puede haber aumentado en algunos humedales, como Santa María del Lago, en los cuales son alimentados por los visitantes humanos. El desarrollo del Parque Simón Bolívar en la década de los 1990s incluyó ajustes en su topografía que dejaron varios sectores con poca vegetación o suelo desnudo que fueron aprovechados por *Eremophila alpestris* pero con el crecimiento del césped de kikuyo estos espacios fueron eliminados y la especie (una subespecie endémica y amenazada) dejó de ser detectada en los conteos.

**Interacciones con otras especies.-** Consideramos a las interacciones entre especies como un factor distinto, aunque reconocemos que varias de tales interacciones pueden haber sido afectadas por la urbanización o el cambio climático (véase abajo). Las interacciones que posiblemente han incidido en las tendencias de abundancia de ciertas especies de aves son depredación, parasitismo y posiblemente competencia y episodios de transmisión de enfermedades.

Un caso de interés es el aumento de *Buteo platypterus* como residente invernala,

probablemente favorecido por el aumento significativo de *Zenaida auriculata*, su presa favorita durante gran parte del período. La disminución de *Z. auriculata* en los últimos años (aunque sigue siendo la especie más abundante en los conteos) puede deberse en parte a esta depredación, aunque dada su alta tasa reproductiva (se ven nidos durante todo el año) no parece que fuese suficiente para explicar su disminución reciente. Otra posibilidad podría ser el aumento de parásitos o enfermedades en su población. Hasta alrededor del 2000, pero no después, se observaron dormitorios de centenares de *Z. auriculata* en árboles densos (e.g., en el Jardín Botánico) y tales agregaciones son propicias para la transmisión de estos agentes, que además podrían representar problemas para la salud humana (Delgado & French 2012). Sin embargo, la posibilidad de competencia con *C. livia* (véase arriba) también podría haber contribuido a su descenso en áreas urbanas. Otro caso fue la aparición de *Chondrohierax uncinatus* en dos conteos recientes en bosques de los Cerros Orientales, incluyendo a Aurora Alta, aparentemente reflejando un aumento del caracol gigante exótico *Achatina fulica*, registrado en la Sabana y el Páramo de Guasca; esta especie de caracol representa una amenaza tanto para los cultivos como para la salud humana (E. Linares, comunicación personal). Un caso inverso podría haber facilitado la colonización de los humedales de la Sabana por *Spatula discors*: antes de los años 60, la especie emparentada y similar en tamaño *S. cyanoptera* (la subespecie endémica *borreroi*) era residente en la Sabana, pero estaba al borde de extinción en 1969, probablemente por cacería (Olivares 1969). Esto pudo haber dejado disponible el nicho para un pato pequeño como *S. discors*.

Un ejemplo de depredación más preocupante es la cacería de aves acuáticas por perros, tanto

domésticos dejados sueltos por sus dueños de barrios aledaños como ferales y reproduciéndose en los humedales mismos (Calderón 2008). Hay abundante evidencia de que los perros sueltos o asilvestrados podrían producir disturbios fuertes de las aves, incluyendo en reservas naturales como los humedales (Weston & Stankowitch 2014). Sin embargo, hacen mucha falta estudios detallados para evaluar los impactos de depredación o disturbio por perros sobre las poblaciones de aves (Ritchie *et al.* 2014; pero véase a Mallord *et al.* 2007 para ejemplos en otros tipos de hábitats). Se han observado perros ferales en varios humedales (Rosselli & Stiles 2012a), y creemos que su cacería seguramente ha producido la extinción local de la subespecie endémica de *Ixobrychus exilis* y posiblemente las disminuciones de *Butorides striata* y la especie endémica y amenazada *Rallus semiplumbeus* en el círculo. En cambio, nunca hemos observado gatos sueltos en los humedales, aunque sí en algunas áreas verdes urbanas; no hay datos sobre su posible depredación de las aves, un problema ampliamente conocido en otras regiones (Loss *et al.* 2018) y que requiere de más información en el país.

Otra interacción muy preocupante ha sido el aumento de parasitismo de varias especies por *Molothrus bonariensis*. Este parasitismo es la causa más probable de la dramática disminución reciente de la especie endémica *Cistothorus apolinari*, que está al borde de la extinción en los humedales del Distrito (Rodríguez-Linares *et al.* 2019) a pesar del mejoramiento de su hábitat (los juncales) en varios de ellos. Este parasitismo fue notado primero por Velásquez-Tibatá *et al.* (2000), pero después se ha observado en diferentes humedales de la Sabana; un nido recolectado en La Conejera en 2004 contenía más huevos de *M. bonariensis* que de su hospedero (Castro *et al.* 2007). Villaneda-Rey & Rosselli (2011) observaron que *M. bonariensis* era

más abundante en humedales urbanos que rurales. Sin embargo, el drenaje de humedales en años anteriores pudo haber reducido la población de *C. apolinari* al punto que fuese más susceptible a extinción por este parasitismo.

El parasitismo por *Molothrus bonariensis* también está afectando a otras especies. Un "mito" en Bogotá ha sido que la depredación por *Turdus fuscater* sobre volantones y pichones de *Zonotrichia capensis* está "extinguendo a esta especie". Tal depredación indudablemente ocurre y es muy impactante de observar, pero los conteos demostraron que hasta 2011 la población de *Z. capensis* se mantuvo estable a pesar del aumento de la población urbana de *T. fuscater* (Stiles *et al.* 2017). La disminución más reciente de esta especie especialmente en localidades urbanas puede deberse a los cambios de urbanización, agregado al parasitismo por *M. bonariensis*: un conteo informal de FGS en el campus de la Universidad Nacional a partir de 2014 encontró más parejas de *Zonotrichia capensis* alimentando volantones de *M. bonariensis* que de su propia especie, y Sierra-Ricaurte (2019) documentó un efecto significativo del parásito sobre el éxito de anidación de esta especie. Sospechamos que la disminución de *Thraupis episcopus*, *T. palmarum* y *Ramphocelus dimidiatus* en zonas urbanas en estos años también podría deberse a este parásito; estas especies o sus congéneres fueron notados como hospederos de *M. bonariensis* por Friedmann & Kiff (1985). Sin embargo, otra especie reportada como hospedero de *M. bonariensis* es *Chrysomus icterocephalus* (Naranjo 1995), que ha mantenido una población estable durante el período. Villaneda-Rey & Rosselli (2011) notaron agresiones de esta especie contra el parásito y aparentemente podría defender sus nidos con más éxito.

**Cambio climático.-** Entre 1962 y 2014 la

temperatura aumentó significativamente en Bogotá según datos del Aeropuerto El Dorado (Stiles *et al.* 2017), más pronunciado para las temperaturas medias y mínimas anuales, que aumentaron en 0,021° y 0,043°/año respectivamente ( $p < 0,0001$  para ambos); mientras la temperatura máxima anual aumentó 0,017 °/año ( $p = 0,016$ ). Sin embargo, los aumentos de las temperaturas medias y mínimas se aceleraron entre el período de los conteos a 0,025° y 0,075°/año respectivamente, aunque la temperatura máxima anual se mantuvo casi estable con -0,015°/año ( $p = 0,034$ , 0,001 y 0,400, respectivamente). Varios cambios en la avifauna registrados en los conteos concuerdan con lo esperado por el aumento de temperaturas, con base en las predicciones de modelos teóricos elaborados para evaluar este fenómeno (Velásquez-Tibatá *et al.* 2012; véase también la revisión de Herzog *et al.* 2011). La indicación más clara del efecto del calentamiento sobre las aves es un cambio hacia arriba en los límites altitudinales inferiores o superiores de las especies. Los conteos han documentado aumentos en los límites inferiores de *Eriocnemis cupreiventris*, *Ochthoeca fumicolor*, *Catamenia inornata* y *Diglossa lafresnayi* desde ca. 2600 m (al nivel de la parte plana de la Sabana) hasta 2850m o más (las partes altas de los cerros). Varias especies se han establecido como residentes en la parte plana de la Sabana a una elevación mayor que sus máximas elevaciones para reproducción reportadas por Hilty & Brown (1986), incluyendo a *Phimosus infuscatus*, *Rupornis magnirostris*, *Asio clamator*, *Quiscalus lugubris* e *Icterus icterus*. Otras especies conocidas principalmente o exclusivamente del sur y oeste de la Sabana, el sector más seco y cálido, han extendido sus distribuciones como residentes mucho más ampliamente hacia el norte y este (*Elanus leucurus*, *Vanellus chilensis*, *Mimus gilvus* y *Bubulcus ibis*). El desarrollo y la abundancia de animales heterotérmicos incluyendo a los insectos

está especialmente limitado por las temperaturas mínimas (Hodkinson 2005, Robinet & Roques 2012, Coutinho-Silva *et al.* 2017), por lo tanto el calentamiento en la Sabana bien podría haber producido un incremento de presas para aves insectívoras como *Tyrannus melancholicus*, además de varias especies de migratorias boreales invernantes (especialmente en familias como Parulidae y Tyrannidae) que aumentaron en abundancia y frecuencia a lo largo del período de los conteos.

El cambio climático también podría estar relacionado con cambios en los movimientos elevacionales de algunas especies, notablemente entre los colibríes. Durante los primeros años del estudio era más o menos frecuente observar en los conteos colibríes de elevaciones mayores en los matorrales de los cerros de la Sabana, incluyendo a *Aglaeactis cupripennis*, *Pterophanes cyanoptera* y *Lesbia victoriae*, que disminuyeron o dejaron de aparecer a lo largo de los conteos. Lo inverso ocurrió en *Colibri coruscans*, que anteriormente se volvía mucho más escaso entre diciembre y marzo o abril, cuando hay registros hacia abajo hasta ca. 1100 m. Con base en especímenes en la colección del Instituto de Ciencias Naturales, el período de los conteos evidentemente coincide con las épocas de muda de estas especies: efectivamente, este período representaba una “muda para migración”, un término previamente usado para especies de migratorias entre latitudes (Tonra & Reudink 2018), pero perfectamente aplicable a especies de migratorias intratropicales de elevación, un patrón frecuente en aves nectarívoras y frugívoras neotropicales (*cf.* Stiles 1983, 1988). El aumento de *C. coruscans* en los conteos urbanos sugiere que muchos más individuos ya se quedan en la Sabana e incluso se reproducen durante estos meses, posiblemente debido a las temperaturas y siembras de flores ornitófilas en varios parques. El lapso de por lo menos 20 años entre la extinción

de *Spatula cyanoptera borroeroi* y la colonización por *S. discors* sugiere que otro factor, posiblemente el aumento de temperaturas mínimas por cambio climático, pudo haber favorecido el inicio de su anidación, posiblemente por propiciar condiciones más favorables para la incubación de sus huevos.

La urbanización puede haber actuado sinérgicamente con el cambio climático mediante la isla de calor que produce (Ángel *et al.* 2010), efectivamente estableciendo una “puerta de entrada” al círculo para especies más abundante en elevaciones más bajas o áreas más cálidas del sur y oeste de la Sabana; incluso, la expansión de la urbanización en años recientes probablemente ha venido acompañada por una expansión de la isla del calor también. Es posible que algunas de estas especies recién llegadas hayan entrado al círculo del conteo ayudadas por la isla del calor alrededor de la ciudad de Bogotá. Por ejemplo, *Quiscalus lugubris*, *Machetornis rixosus* y *Vanellus chilensis* fueron detectados 2-3 años antes de sus primeros registros en el círculo en localidades al borde sureste de la ciudad (observaciones personales), y en los años siguientes, se registraron en localidades progresivamente más hacia el norte. Es también posible que el inicio de reproducción local por *Spatula discors* e *Icterus icterus* haya sido facilitado por la isla de calor. La isla de calor podría haber aumentado las tasas de parasitismo y depredación por perros en los humedales, ya que tanto *M. bonariensis* (Villaneda & Rosselli 2011) como los perros (Calderón 2008) son más abundantes en los humedales urbanos. Los sitios urbanizados también producen mayor cantidad de vertimientos lo cual a su vez contribuye al crecimiento invasivo de macrófitas en los humedales (Rosselli & Stiles 2012a).

Sin embargo, es de notar que los aumentos rápidos de especies como *P. infuscatus*, *V.*

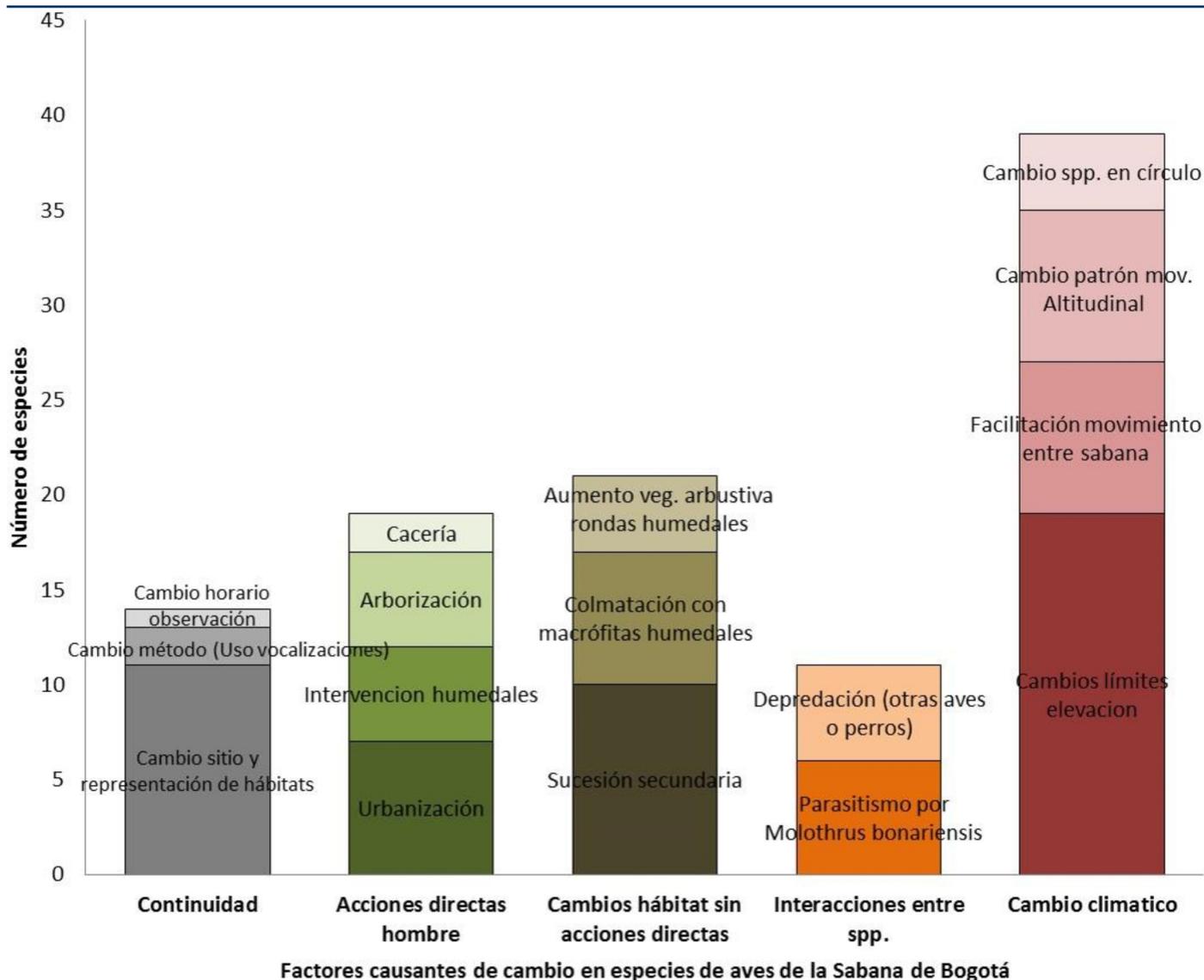
*chilensis* y *Q. lugubris* representaron solo parte de las expansiones de estas especies en otras áreas durante estos años: *V. chilensis* ya se ha establecido en Mesoamérica por lo menos hasta Costa Rica y hay registros recientes a más de 3150m en PNN Chingaza (L. Linares, comunicación personal) y PNN Sumapaz (O. Acevedo-Charry, comunicación personal); *P. infuscatus* se ha visto a elevaciones de 3000m o más en Sumapaz (arriba de Bogotá) y Murillo, en la cordillera Central, y *Q. lugubris* se ha expandido desde la zona del Caribe en Colombia hacia el sur a ambos lados de la cordillera Oriental al valle del Magdalena hasta por lo menos Huila y el extremo sur de los Llanos Orientales en Guaviare (observaciones personales). Es probable que por lo menos los inicios de estas expansiones hayan sido facilitados por la deforestación, permitiendo a estas especies acceso a hábitats propicios más allá de sus distribuciones previamente conocidas. En cambio, *Rupornis magnirostris* estaba presente en todas las tierras bajas del país desde hace mucho tiempo; su expansión hacia la Sabana, el círculo y más al norte parece más gradual y en números más bajos que las anteriores especies mencionadas.

Finalmente, registramos cambios en unas pocas especies que no caben fácilmente en las categorías principales. El aumento de *Coragyps atratus* podría estar relacionado simplemente con el aumento de la población humana (con el aumento de basureros, etc.); no tenemos explicación para la disminución de *Contopus fumigatus* y para otras (e.g., *Troglodytes aedon*), no estamos seguros de que los factores sugeridos como causantes de sus aumentos puedan explicar las magnitudes de los cambios observados.

Resumiendo (Fig. 11), encontramos que el cambio climático con sus diversos efectos podría ser el

factor más importante asociado con los cambios de abundancia de las especies residentes permanentes y estacionales de la Sabana, estando implicado en más de un tercio de estos (ca. 38%). Para algunas de estas especies, la isla de calor de la ciudad podría haber facilitado los aumentos de distribución y abundancias observados. Siguen en importancia los cambios resultantes de acciones humanas deliberadas (ca. 21%), entre los cuales la urbanización es preponderante, y además ha tenido influencia directa o indirecta en otros factores. Los cambios que resultaron de procesos naturales como sucesión, y otros por lo menos no provocados intencionalmente por el hombre como contaminación y colmatación suman ca. 18%: combinando estos dos indica que los diversos cambios de los hábitats dentro del círculo tuvieron una magnitud similar a la del cambio climático. El factor interacciones entre especies puede ser asociado con por lo menos 11% de los cambios de abundancia, aunque es evidente que varias de tales interacciones han sido influenciadas por la urbanización en particular. El factor de falta de continuidad pudo explicar por lo menos en parte un 12% de los aparentes cambios, con un pequeño residual de 1-2% sin explicaciones claras.

Rosselli *et al.* (2017) recientemente publicaron un estudio que complementa los resultados reportados aquí. Este trabajo fue realizado en bosque altoandino en el Parque Nacional Natural de Chingaza a elevaciones entre 2800 y 3000 m, a unos 25 km al este del área de los conteos y consistió en repetir en 2015-2016 un inventario de aves hecho entre 1991 y 1992 (Stiles & Rosselli 1998). También hicimos un estudio en un páramo de Chingaza (Stiles *et al.* en preparación) en 2015-2016 para comparar con observaciones de Rosselli en este hábitat entre 1990 y 1991, que tiene resultados pertinentes al presente estudio. Estos dos estudios abarcaron un período de



**Figura 11.** Números de especies registradas en los Conteos Navideños de la Sabana de Bogotá (1989-2014) que cambiaron su abundancia según los cinco tipos posibles de factores asociados con estos cambios que identificamos en el texto. Nota: el total de especies que aparece es mayor que el número de especies que registraron cambios (ver Anexo 2B) debido a que muchos cambios pueden ser el reflejo de una combinación o interacción entre factores.

tiempo comparable al de los conteos, aunque no fueron continuos. Se encontraron movimientos hacia elevaciones mayores de algunas de las mismas especies de los conteos en la Sabana, incluyendo a *Rupornis magnirostris*, *Elaenia frantzii*, *Tyrannus melancholicus* y *Spinus spinescens*; los de *Spinus* y *Elaenia* coincidieron con sus disminuciones de abundancia en la Sabana (incluso, *Spinus* también disminuyó en el bosque pero aumentó en el páramo); otra especie que aumentó en el páramo fue *Ochthoeca fumicolor*, lo cual apoya la conclusión

de que los cambios de abundancias en estas especies en la Sabana son resultados del cambio climático, así como ha ocurrido en otros lugares de alta montaña andina (Freeman *et al.* 2020).

**Una mirada hacia el pasado.**- Antes del comienzo de los conteos navideños, no existía un programa sistemático de observaciones de las aves en la Sabana. No obstante, una obra importante para evaluar los cambios de la avifauna de la Sabana durante las décadas anteriores es la de Olivares (1969). Sin embargo, cualquier comparación con

lo registrado en esta obra tiene sus complicaciones. Primero, las áreas no coinciden: Olivares incluyó en la Sabana un sector más extenso al sur y oeste del círculo de la ABO, con hábitats y especies que no se encuentran en éste; por otro lado, los conteos incluyen partes altas de los Cerros Orientales y el valle del Teusacá no mencionadas por Olivares, quien aparentemente trató para la Sabana solamente sitios en la base occidental de estos cerros. Por otra parte, los registros de Olivares consisten casi exclusivamente de especímenes recolectados (especialmente los de la colección del Instituto de Ciencias Naturales); varios registros carecen de localidades más específicas que "Bogotá", "alrededores de Bogotá" o "Sabana de Bogotá", lo cual deja dudas en cuanto a su situación en la Sabana. La falta de registros más altos en los Cerros Orientales posiblemente se debe a la deforestación anterior y la siembra masiva de eucaliptos a partir de la década de los 1960s en la ladera occidental. También es notable la escasez de registros en muchos humedales de la Sabana incluidos en el círculo del conteo. Es evidente que no hubo un esfuerzo de recolecta sistemática para producir un inventario detallado de la Sabana como tal. Sin embargo, son muy útiles los comentarios de Olivares sobre las abundancias de muchas especies en la parte plana de la Sabana y las bases de los cerros adyacentes, especialmente entre las Passeriformes. Con estas salvedades, esta obra representa un punto de comparación esencial de su avifauna para las décadas antes de los conteos. Especialmente para los humedales, la información recopilada por Fjeldså (1985) y en van der Hammen *et al.* (2008) describe los cambios de la avifauna durante el período de la reducción drástica del área de este hábitat en el siglo XX.

Olivares (1969) registró *ca.* 180 especies de su más ampliamente definida Sabana de Bogotá. De estas, *ca.* 15 especies de aves terrestres eran

presumiblemente residentes en el sector más cálido del sur y oeste la Sabana, incluyendo a los cerros más bajos de la región de Bojacá y Zipacón y los cerros secos entre Soacha, Chicaque y Mondoñedo, que no tienen hábitat dentro del círculo y no se registraron en los conteos: excluimos a estas especies en los análisis siguientes. Sin embargo, sí incluimos *ca.* 20 especies registradas en los conteos, pero no por Olivares dentro de la Sabana sino en sectores aledaños de los Cerros Orientales o la cordillera Oriental (*e.g.*, Guasca, Junín). Algunas especies registradas solamente del sector suroeste de la Sabana hacia Facatativá actualmente son residentes permanentes dentro del círculo, como *Vanellus chilensis* y *Rupornis magnirostris*. También algunas especies clasificadas como raras o accidentales en la Sabana por Olivares aparentemente se establecieron como residentes dentro del círculo durante los 20 años desde la publicación de su libro, todas originarias de elevaciones más bajas hacia el oeste: *Elaenia flavogaster*, *Pitangus sulphuratus*, *Thraupis episcopus* y probablemente *T. palmarum*, *Ramphocelus dimidiatus*, *Sicalis flaveola* e *Icterus nigrogularis* (esta última ni siquiera mencionada para Cundinamarca). Puesto que muchos bosques de esta región fueron talados para agricultura y potreros en la primera mitad del siglo XX, es posible que la deforestación haya ayudado a algunas especies a comenzar sus movimientos hacia arriba. Sin embargo, de 1962 en adelante la temperatura estaba subiendo, lo que posiblemente indica que los efectos del cambio climático ya se sentían antes del comienzo de los conteos. Hasta por lo menos 1980, en casi cualquier día sin nubes se veían los nevados de la cordillera Central desde Bogotá (LRS y SDLZ, observaciones personales), algo rara vez posible actualmente debido a la alta contaminación aérea. Además, no se puede descontar que las poblaciones de algunas especies fueron establecidas por aves escapadas

de cautiverio como *I. nigrogularis* y *R. dimidiatus* (e *Icterus icterus* dentro del período de los conteos). La situación de *T. episcopus* es interesante: Olivares sólo registró la subespecie *leucoptera* (de los Llanos Orientales) como rara, posiblemente introducida o escapada, pero no hay registros posteriores y es la subespecie cana (del valle del río Magdalena) la que ha colonizado la Sabana hasta la base de los cerros. Dos especies calificadas como comunes por Olivares ya habían disminuido fuertemente (*Asio flammeus*, *Eremophila alpestris*) en 1989. Solo hay un registro aislado de *A. flammeus* en los conteos, aunque actualmente el número de registros de esta especie ha venido aumentando en la Sabana dentro y fuera del círculo (v. gr., Camargo-Martínez y Rodríguez-Villamil [2019] y N. Morales, comunicación personal). Varias otras especies más comunes antes en áreas agrícolas como *Colinus cristatus*, *Sicalis luteola* y *Sporophila luctuosa* también parecen haber disminuido en este intervalo, que coincide con el reemplazo de varios cultivos como el trigo por potreros del pasto kikuyo.

La situación de las aves acuáticas es aún más dramática. Especies otrora comunes antes del trabajo de Olivares ya se habían extinguido total o localmente, o fueron consideradas por él como muy raras (y sin registros posteriores a su trabajo): *Podiceps andinus*, *Anas spinicauda niceforoi*, *A. cyanoptera borreroi*, *Circus cinereus*, *Botaurus pinnatus*, *Netta erythrophthalmus* y *Polystictus pectoralis*. Varias aves acuáticas migratorias mencionadas como regulares por Olivares carecen de registros dentro de los conteos: *Circus hudsonius*, *Anas acuta*, *A. americana*, *A. clypeata*, *Aythya affinis*, *Pluvialis squatarola*, *P. dominica*, *Charadrius vociferus* y *Numenius phaeopus*. Sin embargo, hay registros recientes de *A. affinis* dentro del círculo, pero no en los conteos (Rosselli & Stiles 2012a), y de *C. vociferus* en varias localidades dentro (Tabio,

Chía) y afuera (Tocancipá, Cajicá); incluso, se ha reportado que esta especie está anidando en Chía y Tocancipá (F. Castro y N. Morales, comunicaciones personales). Varias de las especies grandes accidentales en los humedales de la Sabana mencionadas por Olivares (e.g., *Mycteria americana*, *Sarkidiornis melanotos*, *Cairina moschata*) no han vuelto a aparecer; un individuo muerto de *Cochlearius cochlearius* fue encontrado en 2018 en Santa María del Lago e *Himantopus mexicanus* persiste en la laguna de La Herrera. Sin embargo, una especie no mencionada por Olivares, *Pseudocolopteryx acutipennis*, persiste en bajos números dentro del círculo; es una especie muy poco conspicua que probablemente fue pasada por alto por él.

Muy pocas de las especies registradas en los conteos como VB (visitantes de zonas bajas) aparecen en los registros de Olivares, igual que ninguna de las especies clasificadas como visitantes transeúntes (VT) o introducidos (VI) y varias especies consideradas como visitantes montanos (VM). Algunas especies registradas como accidentales por Olivares tampoco han vuelto a ser registradas (*Pharomachrus antisianus*, *Geotrygon montana*, *Claravis mondetoura*). Otras clasificadas como migratorias comunes no fueron registradas en los conteos, como *Anrostomus carolinensis* y *Progne subis*, aunque hay unos registros recientes del primero en otros sectores de la Sabana (FGS, observaciones personales) y un individuo muerto del segundo encontrado hace dos años por P. Camargo en el Humedal de la Conejera. Todo esto indica que la avifauna de la Sabana de Bogotá ha sido muy dinámica desde antes del trabajo de Olivares (véanse estos cambios resumidos en la Tabla 12). Una conclusión evidente de esta comparación es que las acciones directas de hombre en el drenaje de los humedales ha sido el factor predominante afectando a las aves desde los tiempos de Olivares. El calentamiento global en este intervalo

era menos evidente, aunque pudo haber facilitado la llegada de algunas especies a la Sabana.

**Un vistazo hacia el futuro.**- Todo indica que los cambios observados durante los conteos seguirán operando en el futuro. La urbanización seguramente seguirá incrementando, al igual que el efecto de la isla de calor sobre la ciudad. Se podría esperar la llegada de más especies de zonas más bajas o cálidas al círculo, y que más migratorias boreales en tránsito se quedarían como residentes invernales. Casi todas las visitantes del Jardín Botánico vinieron de zonas más bajas o calientes de la parte sur de la Sabana, de tal forma que varias de éstas podrían representar candidatas para establecerse dentro del círculo en el futuro (v. gr., *Columbina talpacoti*, *Melanerpes rubricapillus*, *Myiozetes cayanensis*, *Turdus ignobilis* y *Saltator striatipectus*). También es notable que ninguna de estas especies, ni de las que se establecieron en la Sabana durante los conteos, pueden considerarse como habitantes de los bosques de elevaciones más bajas sino de bordes y zonas ya perturbadas, así que aún no hay evidencias de movimientos hacia arriba al círculo de los conteos de especies restringidas a bosques bien conservados de elevaciones menores. Además, es probable que los efectos del cambio climático se intensifiquen, especialmente después de 2050 (Pabón 2012). Una predicción es que los bosques nublados y páramos de las altas montañas pierdan humedad debido a la falta de condensación de la neblina (Helmer *et al.* 2019), lo cual podría constituir una amenaza para gran parte de la biota altoandina y poner en peligro el surtido de agua potable para Bogotá y la Sabana.

Por otro lado, podemos esperar que las especies que ya han subido sus límites elevacionales en años recientes, como *Eriocnemis cupreiventris*, *Ochthoeca fumicolor* y *Diglossa lafresnayii*,

probablemente sean seguidas por cambios futuros de otras, especialmente de bosque altoandino. Debido al parasitismo por *Molothrus bonariensis* estamos cerca de perder de la Sabana a *Cistothorus apolinari*, pero al seguir intensificando el calentamiento global, es probable que sus poblaciones en varios páramos de la cordillera Oriental también se vuelvan vulnerables a este parásito, amenazando la persistencia de la especie en el planeta. También está por verse si algunos de los taxones endémicos como *Rallus semiplumbeus* y *Porphyriops melanops bogotensis* pueden mantener sus poblaciones en la Sabana con el calentamiento de los humedales; especialmente *P. m. bogotensis*, que puede no disponer de más hábitat accesible a elevaciones mayores.

Tanto Bogotá como varios municipios circundantes están en mora de incorporar al medio ambiente en sus planes de expansión y urbanización. Parte del problema ha sido que las diferentes administraciones, tanto de la ciudad como en los municipios circundantes, no se han puesto de acuerdo sino solo en objetar o derogar los planes de la anterior con intereses políticos y financieros tomando precedencia – lo cual ha hecho imposible planificar a largo plazo. La CAR también ha sido muy inconsistente en sus actuaciones con respecto al medio ambiente. Un ejemplo reciente es la declaración de una faja rural del borde norte de la ciudad como la Reserva Thomas van der Hammen (CAR 2011) para limitar la expansión urbana descontrolada. Durante la administración de la ciudad en 2016-2019, se presentó un plan para urbanizar casi totalmente lo que quedaba de esta zona rural además de construir una o dos carreteras de alta velocidad en esta área. De hecho, la CAR demoró la ejecución del plan de manejo de la reserva, posiblemente debido a este conflicto con la administración distrital (Paz-Cardona 2018). Al haber acabado con esta zona rural, se hubiera

**Tabla 12.** Comparaciones de los datos de los Conteos Navideños de la ABO con los de Olivares (1969) para la Sabana de Bogotá según los estados de presencia de las especies.

<p>A. Números de especies registradas por ABO y Olivares sin cambios notables de estados o abundancias: <i>ca.</i> 125 especies</p>
<p>1. En o adyacentes al círculo de la ABO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. RP: <i>ca.</i> 80</li> <li>b. RE: <i>ca.</i> 30</li> <li>c. VB: 11</li> <li>d. VA: 3</li> <li>e. VT: 2</li> </ul> <p>2. Registradas por Olivares en sitios similares fuera del círculo, pero por la ABO adentro</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. RP: <i>ca.</i> 20</li> <li>b. RE: <i>ca.</i> 5</li> <li>c. VM: 3+</li> </ul>
<p>B. Números de especies registradas por ABO y Olivares con cambios de números o cambios de estado: <i>ca.</i> 35 especies</p>
<p>1. Especies que aumentan entre 1969 y 1989 o adquieren estados más permanentes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. RP: 5 aumentan, más 6 que se establecieron como RP después de 1969.</li> <li>b. RE: <i>ca.</i> 5 que pasaron de migratorias de paso a RE (por lo menos en algunos años)</li> </ul> <p>2. Especies que disminuyeron en números o pasaron a ser visitantes menos regulares</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. RP: <i>ca.</i> 8 especies</li> <li>b. RE: <i>ca.</i> 4 especies</li> <li>c. VA: 3-4 especies</li> <li>d. VR: 1 especie (antes posiblemente RP)</li> </ul>
<p>C. Números de especies registradas por Olivares pero no por la ABO: <i>ca.</i> 40 especies</p>
<p>1. RP: Especies extinguidas o extirpadas localmente después de 1969: 7, más 3 que posiblemente se extinguieron antes de 1969</p> <p>2. Especies migratorias boreales registradas en o cerca del círculo: 8+ (principalmente aves acuáticas aunque 3 con registros recientes afuera del círculo) más 3 solamente como migratorias de paso</p> <p>3. Migratorias australes (no presentes en la Sabana en las fechas de los conteos: 3)</p> <p>4. VB: 8, principalmente aves acuáticas</p> <p>5. VM: <i>ca.</i> 5 especies</p> <p>6. VI: 2 (incluyendo a <i>Thraupis episcopus leucoptera</i>)</p>
<p>D. Números de especies registradas por la ABO pero no por Olivares: <i>ca.</i> 37 especies</p>
<p>1. RP: 9, incluyendo a 5 que se establecieron como residentes después de 1989</p> <p>2. RE: 3, incluyendo a <i>Vireo flavoviridis</i>, posiblemente confundido con <i>V. olivaceus</i></p> <p>3. VB: 14</p> <p>4. VT: 3 (incluyendo a <i>Progne</i> sp., de identificación insegura)</p> <p>5. VM: 2 ó 3</p> <p>6. VI: 5</p>

anulado su efecto de amortiguar la contaminación aérea e impedir la expansión de la isla de calor de la ciudad hacia el norte. La siguiente administración (2020-2024) logró detener este proyecto y mantener hasta ahora este delgado cinturón verde de la ciudad, aunque las exigencias de la pandemia por el COVID-19 le han obligado demorar en poner en operación el plan de manejo.

Hay una abundante literatura sobre lo que debe ser la planificación urbana aplicable tanto para los municipios como para la ciudad, resumido detalladamente por Piratelli *et al.* (2017). Existe un amplio consenso sobre la importancia de espacios verdes de suficiente tamaño y conectividad para albergar una fauna diversa, además de mitigar los efectos de contaminación aérea (Shanahan *et al.* 2011, Kang *et al.* 2015, Schütz & Schulze 2015, Chang & Lee 2016, Lepczyk *et al.* 2017). Se recomienda sembrar especies de la vegetación natural de cada área, diversa en estructura y composición y conectado por corredores verdes en lo posible (Ziller & Dechoum 2013, Falfán & MacGregor-Fors 2016, Wood & Esaian 2020). Específicamente para la Sabana de Bogotá, van der Hammen (1998) propuso el desarrollo de una Estructura Ecológica Principal que incluya una "red de reservas naturales de páramos, bosques y zonas de manejo especial y conexiones entre ellas como corredores biológicos". Sin embargo, es notable que ninguna de las áreas verdes de Bogotá conserva extensiones continuas de vegetación nativa, lo cual limita sus contribuciones a los servicios ecosistémicos, incluyendo los culturales y los de soporte que comprenden la conservación de mutualismos naturales como polinización y dispersión de semillas, que a su vez sirven para mitigar al menos parcialmente la tendencia de homogeneización funcional y reducción de diversidad (Devictor *et al.* 2007) de tales interacciones (*cf.* Maruyama *et al.* 2019, Cardussi

& Hämäläinen 2019). Desde la escogencia del área para urbanizar, se requiere una planificación multidisciplinaria, incluyendo ciencias ambientales, sociales y de salud, además de ONGs o comités ambientales que representen a la sociedad civil, con participación de constructores y financiadores. Entre los planes se debe incluir programas educativos para obtener apoyo de la ciudadanía, cuyo apoyo sería esencial para el éxito (Hostetler 2012, Isaakson 2018). En efecto, se requiere un concepto de la ciudad como un sistema socioambiental (Ruiz de Plaza Oña 2014) para llegar a tener una ciudad y región más verde, más saludable, sostenible y "amigable", tanto para las aves como para los humanos (Piratelli *et al.* 2017).

#### **Recomendaciones para monitoreo de aves neotropicales.**

- Los requisitos esenciales para un programa exitoso de monitoreo son básicamente tres: que se realicen según un protocolo explícito de conteos, a intervalos regulares una o más veces anuales, y que sea factible seguirlos por lo menos de cinco a diez años. Aunque se podría monitorear en un solo sitio, es más interesante y valioso tener varios sitios o puntos de un transecto, a lo largo de los cuales algo cambie (elevación, grado de urbanización, etc.) para poder detectar los efectos sobre las aves a lo largo del tiempo. Entre los tipos de monitoreo, los conteos navideños tienen varias ventajas: la época navideña es un punto de referencia fija cada año que coincide con las vacaciones escolares y de muchos negocios, por lo tanto, se puede involucrar más gente; cada conteo se realiza en un día, lo cual permite coordinar los grupos y recopilar los datos; y el protocolo es relativamente sencillo, pero requiere que cada grupo de observadores tome los datos completos y correctamente. En nuestro caso, la ubicación del círculo fue clave para el monitoreo, porque abarca una variedad de sitios que nos permitió detectar cambios espaciales de una variedad de

hábitats. La naturaleza continua de los conteos nos ayudó a ubicar los cambios en el tiempo; en particular, pudimos documentar los efectos progresivos de la urbanización y el cambio climático sobre la avifauna.

Algunos detalles más específicos serían:

A) Para comenzar un programa de conteos (navideños o no), se debe tener claro los objetivos. Hay que tratar de predecir cuáles factores pudieran producir efectos detectables sobre las especies y poblaciones de aves pueden cambiar con el tiempo para decidir cuáles sitios y hábitats serían importantes para monitorear.

B) Cada conteo se debe realizar dentro de un área fija todos los años e idealmente visitando los mismos puntos con los mismos observadores y la misma metodología.

C) Para cada sitio contado, es útil estimar los porcentajes de cada hábitat presente; luego se pueden ajustar los números de aves contadas por la proporción del hábitat preferido de cada ave para calcular la tendencia de su abundancia al haber acumulado varios años del conteo.

D) Una o dos semanas antes de la fecha del conteo, el coordinador del conteo debe convocar una reunión de todos los potenciales coordinadores de grupo y asignar sitios para evitar duplicación y recoger los contactos de cada coordinador de grupo (celular, email, etc.). Los coordinadores de grupos pueden reclutar los participantes de su grupo, o se podría enviar la lista de coordinadores y sitios a todos los participantes potenciales para que escojan a cuál desean asistir. Al comienzo del conteo, el coordinador de cada grupo debe anotar los nombres y forma de contacto de sus participantes.

E) Hemos encontrado que el tamaño ideal de los grupos es de *ca.* 5 participantes, que generalmente incluye personas con grados variables de experiencia que sirven de ojos (y

oídos) adicionales que ayudan a atraer aves a la atención de los que tienen más experiencia para identificar – en el proceso, ellos adquieren experiencia y eventualmente, pueden llegar a ser coordinadores potenciales. Para muchos novatos esta experiencia es altamente gratificante y se convierte en la primera de muchas faenas de observación de aves dando un enorme valor social a los conteos.

F) Hay que aprovechar las herramientas disponibles para identificación de las aves; ya hay guías de campo, inclusive digitales (*v. gr.*, Merlin, del laboratorio de ornitología de la Universidad de Cornell), para muchos países, lo cual permite hacer identificaciones tanto visuales como auditivas, también en lo posible asegurar que todos los participantes tengan binoculares. Muy útiles para ayudar al reconocimiento auditivo son las bibliotecas de sonidos consultables en el internet como xeno-canto ([www.xeno-canto.org](http://www.xeno-canto.org)) y la Macaulay Library de la Universidad de Cornell ([www.macaulaylibrary.org](http://www.macaulaylibrary.org)), que tienen colecciones extensivas de vocalizaciones de aves neotropicales (*e.g.*, con alianzas con librerías regionales como la Colección de Sonidos Ambientales Mauricio Álvarez-Rebolledo del Instituto Humboldt).

G) Es importante que al final del conteo cada coordinador asegure que los datos de su grupo estén completos y debe pasar esta información al coordinador del conteo lo antes posible; puede ser útil (y entretenido) tener programada una reunión general en la noche del día del conteo para comparar y unificar los datos de los grupos.

H) Al final del conteo, el coordinador general transmite los datos recopilados a un centro de información (puede ser de una institución como una universidad, oficina gubernamental o sede de una asociación) para guardarlos y tenerlos asequibles para consultas. Si se trata de un conteo navideño, el coordinador podría registrarse con Audubon ([www.audubon.org](http://www.audubon.org)) para transmitir los datos a la revista Audubon

para publicar en el número digital anual.

I) Hemos encontrado importante que entre las participantes haya algunos multiplicadores, como profesores universitarios o de colegio, que puedan presentar y fomentar la participación de algunos de sus estudiantes en el reto y placer de pajarear. Es también importante estar en contacto con medios de comunicación masiva para dar visibilidad del conteo, explicando su importancia para la conservación y conocimiento de las aves: a veces aparecen más personas interesadas en participar. Seguramente con los nuevos medios digitales de comunicación se puede lograr que la participación aumente rápidamente.

J) Finalmente, creemos importante que, con cada nuevo conteo, se sumen los datos y se les haga un análisis preliminar, anotando puntos notables de cada conteo mientras los detalles estén frescos, lo cual simplificaría enormemente la tarea de preparar un artículo para publicación, digamos cada cinco años. ¡Nos costó mucho esfuerzo revisar, depurar y preparar de una vez los 26 años de datos para este artículo! Hay que enfatizar que la "ciencia ciudadana" también acarrea la obligación de publicar los datos recogidos para que sirvan a la ciencia e informen a diferentes públicos.

En conclusión, los Conteos Navideños de la ABO han servido como escuela para muchas personas sobre la observación y conservación de las aves y ha proporcionado mucha información valiosa sobre los cambios de las aves de la Sabana así que ¡resalta la importancia de poder continuarlos por muchos años más! Esperamos que este artículo sea un estímulo para otras asociaciones regionales de Colombia que han venido realizando sus propios Conteos Navideños durante varios años, para que emprendan la tarea de analizar y publicar sus datos para poder tener una visión global sobre cómo va cambiando la avifauna del país.

## Agradecimientos

Estos conteos jamás hubieran sido posibles sin el entusiasmo y empeño de los más de 400 observadores y coordinadores de grupos que madrugaron para gozar de observar y contar las aves: este tipo de participación es la esencia de la "ciencia ciudadana". Entre los participantes han estado los profesores y estudiantes de la Pontificia Universidad Javeriana, la Universidad de los Andes, la Universidad Distrital, la Universidad INCCA y la UDCA, pero mención especial merece el Grupo de Ornitología de la Universidad Nacional – GOUN. Agradecemos a la Asociación Bogotana de Ornitología por su apoyo y coordinación de los conteos durante sus 26 años. También agradecemos a los propietarios e instituciones que han permitido las entradas de los participantes a varias localidades durante más de 20 años, especialmente el Jardín Botánico de Bogotá y las ONGs protectoras de varios de los humedales, tan importantes para el monitoreo. Lucía Jaramillo de Olarte y la fundación ATA ofrecieron apoyo importante a la ABO en los primeros años de los conteos. Juanita Niño, Julián Pinzón y Stefany Velásquez-Licon, de la UDCA, nos ayudaron en la organización de los datos y preparación de algunas figuras; J. A. Vargas-González ayudó en la preparación de la Figura 1. Durante muchos años la National Audubon Society nos eximió el cobro por el registro de los participantes de este conteo navideño (actualmente el cobro no es obligatorio). Geoffroy LeBaron en particular contestó varias de nuestras preguntas al iniciar los conteos de la Sabana. Este artículo ha pasado por varias versiones, pero queremos agradecer especialmente a dos evaluadores anónimos por sus minuciosas revisiones que nos ayudaron a mejorar la organización de la presentación, y a Oscar Marín y Orlando Acevedo-Charry por su apoyo en el proceso editorial. Finalmente, reiteramos el

reconocimiento y agradecimiento a los ca. 450 participantes en los conteos y los ca. 45 coordinadores de los sitios que dedicaron un día de sus vacaciones navideñas para contar aves a lo largo de los 26 años!

## Literatura Citada

- ALCOFORADO, M.J. & H. ANDRADE. 2008. Global Warming and the Urban Heat Island. Pp. 249-262 en Marzluff, J., E. Shulenberg, W. Endlicher, M. Alberti, G. Bradley, C. Ryan, C. ZumBrunnen, & U. Simon (Eds.). *Urban Ecology. An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature*. Springer, NY.
- ANDRADE, G. I. 1998. Los humedales del altiplano de Cundinamarca y Boyacá: ecosistemas en peligro de desaparecer. Págs. 59-72 en: E. Guerrero (ed.). *Una aproximación a los humedales en Colombia*. Fondo FEN Colombia, Cali, Colombia.
- ÁNGEL, L., A. RAMÍREZ & A. DOMÍNGUEZ. 2010. Isla de calor y cambios espacio-temporales de la temperatura en la ciudad de Bogotá. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 34:173-183.
- ANÓNIMO. 2016. Clima en Bogotá: históricos desde 1962 a 2016. [www.tutiempo.net/clima/Bogotá\\_Eldorado/802220.html](http://www.tutiempo.net/clima/Bogotá_Eldorado/802220.html). (consultado 1 marzo 2017).
- ANÓNIMO. 2018. Estudio de crecimiento y evolución de la Huella Urbana para Bogotá Región. Resumen Ejecutivo. FINDETER, Secretaría Distrital de Planeación, Gobernación de Cundinamarca, IDOM. Bogotá, Colombia.
- ARBIB, R. S. 1981. The Christmas Bird Count: constructing an "ideal model". Págs. 30-33 en: C. J. Ralph & J. M. Scott (eds.). *Estimating numbers of terrestrial birds*. *Studies in Avian Biology*, no. 6. Allen Press Inc., Lawrence, Kansas, EEUU.
- ARBIB, R. S. 1982. "Ideal model" Christmas Bird Counts: a start in 1982-1983. *American Birds* 36:146-148.
- ASOCIACIÓN BOGOTANA DE ORNITOLOGÍA. 2000. *Aves de la Sabana de Bogotá, guía de campo*. ABO, CAR, Bogotá.
- BIAMONTE, E., L. SANDOVAL, E. CHACÓN-MADRIGAL & G. BARRANTES. 2011. Effect of urbanization in a tropical metropolitan area. *Landscape Ecology* 26:183-194.
- CALDERÓN, M. 2008. Evaluación de la presencia de perros domésticos (*Canis familiaris*) en humedales de la sabana de Bogotá, Colombia y su efecto potencial sobre la fauna silvestre. Tesis de biología, Universidad de los Andes, Bogotá.
- CAMARGO-MARTÍNEZ, P. A. & D. R. RODRÍGUEZ-VILLAMIL. 2019. Anidación del Búho campestre (*Asio flammeus bogotensis*) en la Sabana de Bogotá, Colombia. *Ornitología Colombiana* 17:eA02.
- CARDUSSI, T. A. G. & H. HÄMÄLÄINEN. 2019. Seeds in the city: Zoochory in urban landscapes. *Frontiers in Evolution and Ecology* doi:10.3389/fevo.2019.00041.
- CASTAÑO-V., G.J. & J.C. CASTAÑO-V. 2000. Cambios en la composición de la avifauna en Santa Helena durante el siglo XX. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*. 15: 137-161.
- CASTRO, J. A., H. D. BENÍTEZ, J. E. MORALES & E. CAMPOS. 2007. Primer registro de parasitismo por parte del "chamón" al Cucarachero de Pantano (*Cistothorus apolinari*) en el humedal de La Conejera, Bogotá. *Restauración Ecológica, humedal de La Conejera*: 30-33.
- CEDIEL, F. & J. LOZANO-FLÓREZ. 2020. Aves urbanas en zonas verdes del área metropolitana de Bucaramanga, Santander, Colombia. *Ornitología Colombiana* 18:eA01.
- CHACE, J. F. & J. J. WALSH. 2006. Urban effects on native avifauna: a review. *Landscape and Urban Planning* 74: 46-69.
- CHANG, H. Y. & Y. F. LEE. 2016. Effect of area size, heterogeneity, isolation and disturbance on urban park avifauna in a tropical city. *Urban Ecosystems* 19:257-274.
- CHAPMAN, F. M. 1917. The distribution of bird-life in Colombia; a contribution to a biological survey of South America. *Bulletin of the American Museum of Natural History (Volume XXXVI)*. NY.
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA CAR. 2011. Acuerdo 11 de 2011. Por medio del cual se declara la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá, D.C., "Thomas van der Hammen", se adoptan unas determinantes ambientales para su manejo, y se dictan otras disposiciones. Consejo Directivo de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR. Bogotá.
- COUTINHO-SILVA, R. D., M. A. MONTES, G. F. DE OLIVEIRA, F. G. CARVALHO-NIETO, C. RODHE & A. I. C. GARCÍA. 2017. Effects of seasonality on Drosophilids (Insecta, Drosophilidae) in the northern part of the Atlantic Forest of Brazil. *Bulletin of Entomological Research* 111:1-11.
- DELGADO-V., C. A. & J. C. CORREA-H. 2013. Estudios ornitológicos urbanos en Colombia: revisión de la literatura. *Ingeniería y Ciencia* 9:215-236.
- DELGADO-V., C. A. & K. FRENCH. 2012. Parasite-bird interactions in urban areas: current evidence and emerging questions. *Landscape and Urban Planning* 102:5-14.
- DEVICTOR V., R. JULLIARD, D. COUVET, A. LEE & F. JIGUET. 2007. Functional homogenization effect of urbanization on bird communities. *Conservation Biology* 21:741-751. DOI: 10.1111/j.1532-1379.2007.00671/x.
- ENCISO, B. & M. THIERRIN (EDS.). 1996. *Compilación bibliográfica e informativa de datos arqueológicos de la Sabana de Bogotá, siglos VIII a XIV A.C., vol. 1*. Instituto Colombiano de Antropología ICAN y Colcultura. Bogotá, Colombia.
- ESCOBAR-IBÁÑEZ, J. F. & I. MACGREGOR-FORS. 2017. What's new? An updated review of avian ecology in urban Latin America. Cap. 2, págs. 11-31 en: MacGegor-Fors, I & J. F. Escobar-Ibáñez (eds.) *Avian Ecology in Latin American Cityscapes*. Springer International Publications DOI:10.007/978-3-319-63475-37.
- FALFÁN, I. & I. MACGREGOR-FORS. 2016. Woody neotropical streetscapes: a case study of tree and shrub species richness and composition in Xalapa. *Madera y bosques* 22: 95-110.
- FJELDSÅ, J. 1985. Origin, evolution and status of the avifaunas of Andean wetlands. Págs. 85-112 en P.A. Buckley, M.S. Foster, E.S. Morton, R.S. Ridgely & F.G. Buckley (eds). *Neotropical Ornithology*. *Ornithological Monographs No. 36*. American Ornithologists' Union.
- FORERO-MEDINA G., J. TERBORGH, S.J. SOCOLAR & S.L. PIMM. 2011. Elevational ranges of birds on a tropical montane gradient lag behind warming temperatures. *PLoS ONE* 6 (12): e28535.

- FREEMAN, B. G., M. N. SCHOLER, V. RUIZ-GUTIÉRREZ & J. W. FITZPATRICK. 2020. Climate change causes upslope shifts and mountaintop extirpations in a tropical bird community. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 115 (47): 11982-11987.
- FRIEDMANN, H. & L. F. KIFF. 1985. The parasitic cowbirds and their hosts. *Proceedings of the Western Foundation of Vertebrate Zoology* 2:225-304.
- GILBERT, R.O. 1987. *Statistical methods for environmental pollution monitoring*. John Wiley & Sons. New York, EEUU.
- GONZÁLEZ-LAGOS, C. & J. QUESADA. 2017. Stay or leave? Avian behavioral responses to urbanization in Latin America. Cap.6, págs. 99-123 en: MacGegor-Fors, I & J. F. Escobar-Ibáñez (eds) 2017, op. cit.
- GUHL, E. 1981. La Sabana de Bogotá, sus alrededores y su vegetación. Jardín Botánico José Celestino Mutis – Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia.
- HAMMER, Ø., HARPER, D.A.T. & P. D. RYAN. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontología Electrónica* 4(1): 9 pp.
- HELMER, F. H., E. A. GERSON, L. S. BAGGETT, B. J. BIRD, T. S. RUZYCKI & S. M. VAGGASSER. 2019. Neotropical cloud forests and paramos to contract and dry from decline of cloud immersion and frost. *PLoS One* DOI:10.1371/journal.pone.0213155.
- HERZOG, S. M., P. M. JØRGENSEN & H. TIESSEN (EDS.). 2011. *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) and Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). São Jose dos Campos, Brasil.
- HILTY, S. L. & W. L. BROWN. 1986. *A guide to the birds of Colombia*. Princeton University Press, Princeton, NJ.
- HODKINSON, I. D. 2005. Terrestrial insects along elevational gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews* 80:479-513.
- HOLMES, R. T. & G. LIKENS (EDS.) 2016. *Hubbard Brook: the story of a forest ecosystem*. Yale University Press, New Haven, CT.
- HOSTETLER, M. 2012. *The green leap: a primer for bird conservation in subdivision development*. University of California Press, Berkeley, CA.
- ISAAKSON, C. 2018. Impact of urbanization on birds. Págs. 235-257 en D. Tietze (ed). *Bird Species: how they arise, modify and vanish*. Springer Open doi.org/10.007/978-3-319-91689-7.
- KANG, W., E. S. MINOR, C. R. PARK & D. LEE. 2015. Effects of habitat structure, human disturbance and habitat connectivity on urban forest bird communities. *Urban Ecosystems* 18:857-870.
- LEBARON, G.S. 2017. The 117th Christmas Bird Count Summary. Descargado el 23 de julio de 2019 de: <https://www.audubon.org/news/the-117th-christmas-bird-count-summary>
- LEPCZYK, C. A., M. F. J. ARONSON, K. L. EVANS. 2017. Bird diversity in the city: fundamental questions for understanding the ecology of urban green spaces for bird diversity conservation. *Basic and Applied Ecology* 12:372-381.
- LEVEAU, L. M., C. M. LEVEAU, M. VILLEGAS, J. A. CURTADA & C. E. SUAZO. 2018. Bird communities along urbanization gradients: a comparison among three Neotropical cities. *Ornitología Neotropical* 28:77-87.
- Loss, S.R., W. T., Longcore, T. P.P. Marra. 2018. Responding to misinformation and criticisms regarding United States cat predation estimates. *Biol Invasions* 20, 3385–3396.
- MALLORD, J. W., P. M. DOLMAN, A. F. BROWN & W. J. SUTHERLAND. 2007. Linking recreational disturbance to population size in a ground-nesting passerine. *Journal of Applied Ecology* 44:185-195.
- MAO, Q., C. LIAO, Z. WU, W. GUAN, W. YANG, Y. TANG & G. WU. 2019. Effects of land cover pattern along urban-rural gradient on bird diversity in wetlands. *Diversity* 2019 (11) 86 doi:10.3390/d1100086.
- MARZLUFF, J., E. SCHULENBERGER, W. ENDLICHER, M. ALBERTI, G. BRADLEY, C. RYAN, C. ZUMBRUNNEN & U. SIMON (EDS.) 2008. *Urban Ecology: An international perspective on the interaction between humans and nature*. SpringerUS. DOI: 1007/978-0-387-73412-5.
- MARUYAMA, P. K., C. BIZINÁRO, A. P. MARCONI. G. B. D'ANGELO. 2019. Plant-hummingbird networks in urban areas: Generalization and the importance of trees with specialized flowers as a nectar resource for pollinator conservation. *Biological Conservation* 230:187-194.
- NARANJO, L. G. 1995. Patrones de reproducción en dos poblaciones aisladas de *Agelaius icterocephalus* (Aves: Icteridae). *Caldasia* 18:89-99.
- OLIVARES, A. 1969. *Aves de Cundinamarca*. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- OLROG, C. C. 1959. *Las aves argentinas: una guía de campo*. Instituto "Miguel Lillo", Universidad de Tucumán, Argentina.
- OKE, T. R. 1973. City size and the urban heat island. *Atmosphere and Environment* 7:769-779.
- ORTEGA-ÁLVAREZ, R. & I. MACGREGOR-FORS. 2011. Dusting off the file: a review of knowledge of urban ecology in Latin America. *Landscape and Urban Planning* 101:1-10.
- PABÓN, J. P. 2012. Cambio climático en Colombia: tendencias históricas de la segunda mitad del siglo XX y escenarios posibles para el siglo XXI. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 36:261-278.
- PATIÑO, V. M. 1989. *Plantas cultivadas y animales domésticos en América equinoccial, vol. 4: plantas introducidas*. Imprenta Departamental, Cali, Colombia.
- PAZ-CARDONA, A. J. 2018. Colombia: el largo camino para salvar la reserva Thomas Van der Hammen en el norte de Bogotá. Mongabay 22 de octubre de 2018. <https://es.mongabay.com/2018/10/reserva-thomas-van-der-hammen-conflictos-alcaldia-bogota/>
- PÉREZ-ARBELÁEZ, E. 1935. *Plantas útiles de Colombia*. Ministerio de Agricultura y Comercio. Imprenta Nacional, Bogotá.
- PHELPS, W. L. & R. MEYER DE SCHAUENSEE. 1978. *Una guía de las aves de Venezuela*. Ex Libris, Gráficos Armitano, Caracas, Venezuela.
- PIRATELLI, A. J., A. G. FRANCHIN & O. H. MARÍN-GÓMEZ. 2017. Urban conservation: toward bird-friendly cities in Latin America. Cap. 8, págs. 143-158 en: MacGegor-Fors, I & J. F. Escobar-Ibáñez (eds) 2017, op. cit.
- POUNDS, J.A., M.P.L. FOGDEN & J.H. CAMPBELL. 1999. Biological response to climate change on a tropical mountain. *Nature* 398:611-615.
- RAYNOR, G.S. 1975. Techniques for evaluating and analyzing Christmas Bird Count data. *American Birds* 29:626–633.
- REMSEN, J. V., JR., J. I. ARETA, E. BONACCORSO, S. CLARAMUNT, A. JARAMILLO, D. F. LANE, J. F. PACHECO, M. B. ROBBINS, F. G. STILES, AND K. J. ZIMMER. VERSION 2020. *A classification of the bird species of South America*. American Ornithological Society. <http://>

- www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm.
- RENJIFO, L. M., A. M. AMAYA-VILLAREAL, J. BURBANO-GIRÓN & J. VELÁSQUEZ-TIBATÁ. 2016. Libro rojo de aves de Colombia, Vol. II. Editorial Pontificia Universidad Javeriana y Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- RITCHIE, E. G., C. R. DICKMAN, M. LETNIC & A. T. VARNAK. 2014. Dogs as predators and trophic regulators. Págs. 55-76 en: M. E. Gompper (ed.) Free-ranging dogs and wildlife conservation. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.
- ROBINET, C. & A. ROQUES. 2010. Direct effects of climate warming on insect populations. *Integrative Zoology* 5: 132-142.
- RODRÍGUEZ-LINARES, J. C., S. CHAPARRO-HERRERA, A. SUABECERRA, & M.A. ECHEVERRY-GALVIS. 2019. Estado poblacional del cucarachero de pantano, *Cistothorus apolinari* (Passeriformes: Troglodytidae) en siete humedales de la Sabana de Bogotá, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 67: 1257-1268.
- ROSSELLI, L. & F. G. STILES. 2012a. Wetland habitats of the Sabana de Bogotá Andean highland plateau and their birds. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 22: 303-317.
- ROSSELLI, L. & F.G. STILES. 2012b. Local and landscape environmental factors are important for the conservation of endangered wetland birds in a high Andean plateau. *Waterbirds* 35:453-469.
- ROSSELLI, L., A.M. JARAMILLO Y L.M. CABRERA. 2014. Transformación ambiental a lo largo del curso alto del río Bogotá. Informe Final. Vicerrectoría de Investigaciones. Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales UDCA. Bogotá.
- ROSSELLI, L., F. G. STILES & P. M. CAMARGO. 2017. Changes in the avifauna of a high elevation cloud forest in the Eastern Andes of Colombia after 24 years. *Journal of Field Ornithology* 88:377-395.
- RUIZ DE PLAZA OÑA, C. 2014. Ciudad y adaptación al cambio climático: navegando por literaturas de ecología política urbana. *Sociedad y Ambiente* 2(5):115-132.
- SANTIAGO-ALARCÓN, D. & C. A. DELGADO. 2017. Warning! Urban threats for birds in Latin America. Cap. 7, págs. 125-142 en: MacGegor-Fors, I & J. F. Escobar-Ibáñez (eds) *Avian Ecology in Latin American Cityscapes*. Springer International Publications DOI:10.007/978-3-319-63475-37.
- SAVILL, P. S., C. M. PERRINS, K. J. KIRBY & N. FISHER (EDS.) 2010. Wytham Woods: Oxford's ecological laboratory. Oxford University Press, Oxford, UK.
- SHANAHAN, D. F., C. MILLER, H. P. POSSINGHAM. 2011. The influence of patch area and connectivity on avian communities in urban revegetation. *Biological Conservation* 144:722-729.
- SCHÜTZ, C. & C. SCHULZE. 2015. Functional divisions of urban bird communities: effects of landscape composition, green space area and vegetation cover. *Ecology and Evolution* 5:5230-5239.
- ŞEKERÇIOĞLU, Ç., R. B. PRIMACK & J. WORMWORTH. 2012. The effects of climate change on tropical birds. *Biological Conservation* 148:1.18.
- SIERRA-RICAURTE, A.F. 2019. Efecto del parasitismo de cría del chamón (*Molothrus bonariensis*) sobre el éxito de reproducción del copetón (*Zonotrichia capensis*) en Bogotá, Colombia. *Ornitología Colombiana* 18 (suppl.): e32.
- STILES, F. G. 1983. Introduction to birds. pp. 502-530 en D.H. Janzen (ed) *Costa Rica Natural History*. University of Chicago Press, Chicago.
- STILES, F. G. 1988. Altitudinal movements of birds on the Caribbean slope of Costa Rica: implications for conservation. Págs. 243-258 en: F. Almeda & C. Pringle (eds.) *Tropical Rainforest: Diversity and Conservation*. California Academy of Science Publications, San Francisco, CA.
- STILES, F. G. 1990. La avifauna de la Universidad de Costa Rica y sus alrededores a través de veinte años (1968-1989). *Revista de Biología Tropical* 38:361-381.
- STILES, F. G. 2013. Frank M. Chapman y la ornitología de Colombia, la observación y la conservación de las aves. *Ornitología Colombiana* 13:4-12.
- STILES, F. G. & L. ROSSELLI. 1998. Inventario de las aves de un bosque altoandino: comparación de dos métodos. *Caldasia* 20:29-43.
- STILES, F. G., L. ROSSELLI & S. DE LA ZERDA. 2017. Changes over 26 years in the avifauna of the Bogota region, Colombia: Has climate change become important? *Frontiers in Evolution and Ecology* 5, art. 58:1-21.
- STOUFFER, P. C., V. JIRINEC. C. L. RUTT, R.O. BIERREGAARD, A. HERNÁNDEZ-PEÑA, E. T. JOHNSON & T. E. LOVEJOY. 2020. Long-term changes in the avifauna of Amazonian rainforest: ground-foraging birds disappear and the baseline shifts. *Ecology Letters* early viewdoi:10.1111/ele.13628.
- TONRA, C.M. & M.W. REUDINK. 2018. Expanding the traditional definition of molt-migration. *Auk* 135:1123-1132.
- TOLEDO, M. C. B., R. J. DONATELLI & G. T. BATISTA. 2012. Relation between green space and bird community structure in an urban área of southeastern Brazil. *Urban Ecosystems* 15:111-131.
- VAN DER HAMMEN, T. 1998. Plan ambiental de la cuenca alta del río Bogotá. Análisis y orientaciones para el ordenamiento territorial. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR. Bogotá.
- VAN DER HAMMEN, T. & E. GONZÁLEZ. 1963. Historia de clima y vegetación de la Sabana de Bogotá del Pleistoceno superior y Holoceno. *Boletín Geológico* 11:189-266.
- VAN DER HAMMEN, T., F. G. STILES, L. ROSSELLI, M. L. CHISACÁ-HURTADO, G. CAMARGO-PONCE DE LEÓN, G. GUILLOT-MONROY, Y. USECHE-SANTANDER & D. RIVERA-OSPINA. 2008. Protocolo de recuperación y rehabilitación ecológica de los humedales en ambientes urbanos. Secretaría Distrital del Ambiente. Bogotá, Colombia.
- VASCONCELOS, M. F., E. DE CARVALHO DUTRA, L. G. MASSONI & L. F. PEDROSO. 2013. Long-term avifaunal study in an urban ecosystem from SE Brazil, with comments on range extensions, new and disappearing species, *Papeis Avulsos de Zoologia*, São Paulo:53(25).
- VELÁSQUEZ-TIBATÁ, J. I., A. GUTIÉRREZ & E. CARRILLO. 2000. Primer registro de parasitismo reproductivo en el Cucarachero de Pantano *Cistothorus apolinari* por el Chamón Maicero *Molothrus bonariensis*. *Cotinga* 14:102-103.
- VELÁSQUEZ-TIBATÁ, J. I., P. SALAMAN & C. H. GRAHAM. 2012. Effects of climate change on species distribution, community structure, and conservation of birds in protected areas in Colombia. *Regional Environmental Change* 13:235-248.
- VILLANEDA-REY, M. & L. ROSSELLI. 2011. Abundancia del Chamón Parásito (*Molothrus bonariensis*, Icteridae) en 19

- humedales de la Sabana de Bogotá. *Ornitología Colombiana* 11:37-48.
- WESTON, M. A. & T. STANKOWITCH. 2014. Dogs as agents of disturbance. Págs. 94-116 en: M. E. Gompper (ed.) *Free-ranging dogs and wildlife conservation*. Oxford University Press, Oxford, Reino Unido.
- WILSEY, C., J. WU, L. TAYLOR, A. VOSKAMP, S. WILLIS, L.G. LINARES-ROMERO, F. AVELLANEDA, I. ACONCHA ABRIL, D. OCHOA, S. BUTCHART. 2017. Proyecto el impacto del cambio climático en la avifauna de áreas protegidas: el caso del Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia. *Revista Yu'Am* 3(6):4-21.
- WOOD, E. M. & S. ESAIAN. 2020. Importance of street trees to urban avifauna. *Ecological Applications* 30(7). Doi:10.0002/eap.2149:1-20.
- ZAR, J. H. 1996. *Biostatistical Analysis*, tercera edición. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ.
- ZILLER, S. R. & M. S. DECHOUM. 2013. Plantas e vertebrados exóticos invasores em unidades de conservação no Brasil. *Biodiversidad Brasileira* 3:4-31.

*Recibido:* 09 de noviembre de 2019 *Aceptado:* 01 de marzo de 2021

**Información suplementaria.** La información suplementaria incluye las tablas de anexos. Versiones descargables de datos en tablas XLS pueden accederse en la versión en línea de la revista ([clic acá](#)).