

## Aves migratorias neárticas– neotropicales en el departamento de Antioquia (Colombia): una revisión con datos de eBird

Nearctic-Neotropical migratory birds in the Antioquia department (Colombia): a review based on eBird data

Ricardo Tejada-Arango <sup>1\*</sup>, Jaime A. Garizábal-Carmona <sup>1,2</sup> & Víctor M. Martínez-Arias <sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Investigación Ecología y Conservación de Fauna Silvestre, Semillero de Investigación en Ecología Urbana. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia

<sup>2</sup> Corporación Merceditas. Medellín, Colombia

<sup>3</sup> Grupo Herpetológico de Antioquia GHA. Instituto de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia UdeA, Calle 70 No. 52-21, Medellín, Colombia

\* ✉ rtejadaa@unal.edu.co

DOI: 10.595517/oc.e595

### Recibido

24 de enero de 2024

### Aceptado

08 de octubre de 2024

### Publicado

26 de diciembre de 2024

ISSN 1794-0915

### Citación

TEJADA-ARANGO, R., J.A. GARIZÁBAL-CARMONA & V.M. MARTÍNEZ-ARIAS. 2024. Aves migratorias neárticas– neotropicales en el departamento de Antioquia (Colombia): una revisión con datos de eBird. *Ornitología Colombiana* 26:28-35 <https://doi.org/10.595517oc.e595>

### Resumen

En este trabajo revisamos los registros de aves migratorias neárticas-neotropicales para Antioquia (Colombia) disponibles en la plataforma eBird desde octubre de 1976 hasta abril de 2023. A partir de 81.378 eventos de observación realizados por 4.295 observadores en 7.596 localidades, reportamos la presencia de 93 especies de aves migratorias neárticas-neotropicales para Antioquia, incluyendo seis especies amenazadas, siete especies nuevas para el departamento y diez especies dudosas (*i.e.*, sin evidencia verificable). La mayor riqueza de especies la encontramos en las localidades de Tulenapa (Carepa) y Río Claro (San Francisco), ambas ubicadas en tierras bajas y dominadas por coberturas naturales dentro de provincias biogeográficas húmedas. Además, reportamos diez especies dudosas. En este trabajo resaltamos el uso de los datos de plataformas como eBird para realizar investigación científica, aunque es necesario tener cuidado con el manejo de los datos para disminuir los sesgos e imprecisiones de la información.

**Palabras clave:** ciencia ciudadana, conservación de aves, migratorias boreales, noroccidente de Colombia

### Abstract

In this study, we reviewed the records of Nearctic-Neotropical migratory bird species for Antioquia (Colombia) available on eBird from October 1975 to April 2023. Based on 81.378 records made by 4.295 observers and 7.596 localities, we report 93 Nearctic-Neotropical migratory bird species for Antioquia, including six endangered species, seven species with first time records for the department, and ten uncertain species (*i.e.*, without verifiable evidence). We found the highest species richness at Tulepena, (Carepa) and Rio Claro (San Francisco), both lowland localities dominated by natural land cover in wet biogeographical provinces. In addition, we report ten species considered uncertain. In this work, we highlight the value of eBird data to develop scientific research, although careful data management is needed to reduce sampling biases and enhance the accuracy of information.

**Key words:** bird conservation, boreal migrants, citizen science, northwestern Colombia



### Introducción

La ciencia ciudadana ha crecido de manera exponencial en las últimas décadas (Sullivan *et al.* 2014, Koberi *et al.* 2016, Wei *et al.* 2016, Roche *et al.* 2020). En el caso de las aves, eBird es la plataforma de mayor crecimiento del mundo (Sullivan *et al.* 2009), aunque en el Neotrópico los datos aún no alcanzan la magnitud de información disponible para regiones como Norteamérica y Europa (Sullivan *et al.* 2014, Cornell Lab of Ornithology 2023). No obstante, el

incremento de registros, observadores y localidades en el Neotrópico, el de más especies de aves en el mundo (Brumfield & Capparella 1996, Jetz *et al.* 2012), representa una gran oportunidad para mejorar el conocimiento que se tiene sobre la composición y distribución de sus especies. Esto resulta vital en un contexto donde la alta biodiversidad coincide con grandes vacíos de información (Arbeláez-Cortés 2013).

Antioquia, además de tener una alta diversidad de especies residentes, es un departamento donde un

gran porcentaje de las aves migratorias neárticas-neotropicales que llega a Colombia pasa parcial o totalmente su temporada no reproductiva (Cárdenas-Ortiz *et al.* 2020), especialmente las de distribución en el centro y oriente de Norte América (Pyle 1997, Dunn & Alderfer 2011) (*i.e.*, especies que anidan en la región neártica y pasan su temporada no reproductiva en la región neotropical). Las aves migratorias representan un grupo de interés para la conservación (Runge *et al.* 2008, Naranjo *et al.* 2012) y suelen ser uno de los focos de atención en eventos masivos de observación de aves como el Global Big Day y el October Big Day, ambos eventos promovidos por el Laboratorio de Ornitología de Cornell, quien administra la plataforma eBird (Cornell Lab of Ornithology 2023). Estas características las hacen un buen modelo de estudio para explorar el uso de los datos de eBird en regiones donde se tiene poca información sobre patrones de distribución y estructura de ensamblajes de aves.

En este trabajo, realizamos una revisión de los datos disponibles de especies de aves migratorias neárticas-neotropicales en la plataforma eBird para Antioquia, Colombia, entre los años 1976 y 2023. A partir de esta información, identificamos sitios con mayor riqueza de especies observada y reportamos el número de eventos de observación (*i.e.*, presencias), registros (*i.e.*, individuos), observadores y localidades. Además, compilamos una lista de especies, resaltando especies amenazadas, reportes novedosos para el departamento y especies dudosas.

## Materiales y métodos

Este estudio se enfocó en el departamento de Antioquia en Colombia. Este departamento se encuentra ubicado en el noroccidente de Sur América; presenta una alta diversidad de zonas biogeográficas, zonas de vida y ecosistemas, incluyendo elevaciones desde el nivel del mar hasta los 4.000 m (Espinal 1964, Hernández-Camacho *et al.* 1992, Hermelin 2006). Además, en este departamento se encuentran varios ecosistemas de alta intervención antrópica incluyendo zonas urbanas, zonas de explotación minera y ecosistemas agroforestales (Instituto Geográfico Agustín Codazzi 2007).

Para la consolidación del listado de especies revisamos los datos disponibles en la plataforma eBird desde el 23 octubre de 1976 hasta el 30 de abril 2023 (Cornell Lab of Ornithology 2023). Filtramos todos los eventos de observación realizados en Antioquia (*i.e.*, filas en la base de datos, independiente del número de registros o individuos reportados) usando el paquete *dplyr* en el software R, versión 4.1.2. (Wickham *et al.* 2023). Incluimos todas las aves migratorias neárticas-neotropicales según Naranjo *et al.* (2012), con presencia dentro de Colombia según la lista más actualizada de aves del país (Echeverry-Galvis *et al.* 2022), excluyendo a las aves pelágicas. Solo incluimos los eventos de observación que estuvieran marcados como “aprobados” por los curadores de eBird. A nivel nacional se asignó el estado de amenaza consultando en los libros rojos de aves de Colombia en sus versiones más recientes (Renjifo *et al.* 2014, 2016); a nivel internacional consultando en la página web de la Lista Roja de Especies de la Unión para la Conservación de la Naturaleza (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources 2023).

Las especies con poblaciones residentes y migratorias (*e.g.*, *Cathartes aura* y *Elanoides forficatus*), las incluimos en la lista anotada pero no en los análisis. Las especies cuyas poblaciones dentro del departamento se consideran exclusivamente residentes, a pesar de ser listadas como aves migratorias a nivel nacional por Naranjo *et al.* (2012), fueron excluidas tanto de la lista anotada, como de los análisis (*e.g.*, *Fulica americana*). Para las especies con menos de diez eventos de observación revisamos cada evento detalladamente, incluyendo evidencias como fotografías y comentarios hechos por los observadores. Cuando no encontramos ninguna evidencia concluyente (*e.g.* fotografía mostrando caracteres diagnósticos) las consideramos especies dudosas. A estas especies no las incluimos en la lista anotada, ni en los análisis. Finalmente, excluimos todos los eventos de observación con taxonomía solo hasta nivel de género o nivel superior (*e.g.*, *Empidonax* sp., *Tyrannidae* sp.) y aquellos asignados a dos posibles identificaciones (*e.g.*, *Empidonax alnorum/traillii*).

**Análisis de la información.**- A partir de la base de datos general estimamos el número de localidades con al menos un evento de observación (con control de recuentos usando el identificador numérico de la localidad y las coordenadas que proporciona eBird), el total de registros (*i.e.*, suma de individuos) y eventos de observación (*i.e.*, presencias), y el número de observadores por localidad/año (con control de recuentos usando el nombre y el identificador numérico del observador que proporciona eBird). Además, siguiendo recomendaciones de Strimas-Mackey *et al.* (2023), para los análisis que partieron del número de registros y eventos de observación por especie, y el número de especies por localidad, excluimos los eventos de observación obtenidos en recorridos mayores a 10 km de longitud, listados incompletos, registros incidentales y eventos de observación reportados entre mayo y agosto (temporada no migratoria). Para la visualización espacial de los datos de presencia de especies, se utilizaron las bibliotecas *sf* y *dplyr* de R (R Core Team 2020), con las cuales se realizaron filtros para evitar duplicados.

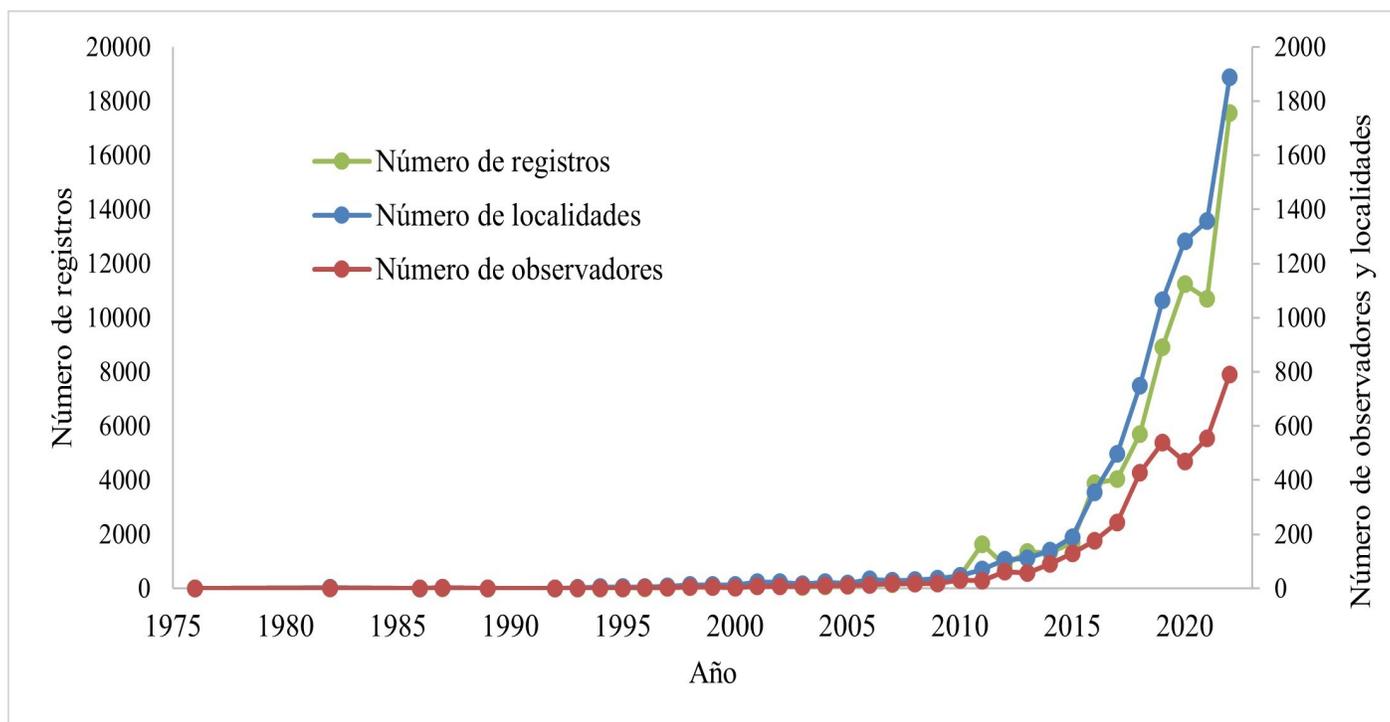
Posteriormente se efectuó la suma de los esfuerzos de muestreo, el conteo de especies, y el conteo hasta nivel de género o nivel superior (*e.g.*, *Empidonax* sp., *Tyrannidae* sp.) y aquellos asignados a dos eventos de observación por cuadrículas de 1 × 1 km y por distrito biogeográfico. Los resultados fueron exportados como archivos .shp, y fueron graficados en QGIS versión 3.34 "Prizren" (QGIS Development Team, 2024). Construimos una cuadrícula de 10 km × 10 km delimitando una caja de encuadre con la función "Bounding boxes" y creando la cuadrícula con la función "Create grid" sobre la capa del departamento de Antioquia. Luego, realizamos el conteo de especies y eventos de observación por cuadrícula utilizando la función "Count points in polygon". Para el conteo por distritos biogeográficos utilizamos el insumo asociado a la publicación de Hernández-Camacho *et al.* (1992), y repetimos el procedimiento con la función "Count points in polygon". Para esta última capa, rasterizamos los valores de especies y registros por distrito biogeográfico para realizar un análisis de vecindad que previniera el efecto de borde discreto (Jackisch 2007). Este análisis lo hicimos con la función

"r.neighbors", usando un tamaño de ventana de 9.

## Resultados

Encontramos 81.378 eventos de observación de aves migratorias para el departamento de Antioquia en la plataforma eBird, entre el 23 de octubre de 1976 y el 13 abril de 2023. Estas observaciones fueron proporcionadas por 4.295 observadores en 7.596 localidades. Durante los primeros 33 años de datos, lo cual corresponde al 70% del rango temporal de estudio (entre los años 1976 y 2009), solo se reportó el 1,9% de los eventos de observación, 3,1% de los observadores y 3,2% de las localidades. A partir del año 2010, el número de eventos de observación, observadores y localidades mostró un crecimiento exponencial, con un mayor crecimiento desde el año 2015, aunque se presentó una desaceleración entre el 2020 y el 2021 (Fig. 1) (*i.e.*, durante el pico de la pandemia del COVID-19). Las localidades con mayor proporción de datos en Antioquia se agruparon principalmente en municipios del centro (Valle de Aburrá, incluyendo el municipio de Medellín), suroccidente (Jardín, Jericó, Fredonia y Támesis), suroriente (Cocorná, San Francisco, San Luis, Maceo y Puerto Berrío) y noroccidente (Carepa, Apartadó, Turbo y Necoclí) (Fig. 1). En contraste, la menor proporción de datos se presentó en el norte de la cordillera Occidental en límites con el departamento del Chocó, seguido por un sector al nororiente del departamento, en límites con el departamento de Bolívar (Fig. 1).

**Riqueza de especies y representatividad taxonómica.**- Reportamos la presencia de 93 especies de aves migratorias neárticas-neotropicales (Anexo 1), agrupadas en 21 familias, siendo las de mayor riqueza de especies: Parulidae (23), Scolopacidae (17) y Tyrannidae (10). Las demás familias tuvieron riquezas de cinco o menos especies cada una. Adicionalmente, se incluyeron 10 especies como dudosas (Anexo 1). Encontramos un rango de una a 48 especies de aves migratorias neárticas-neotropicales por localidad (riqueza acumulada en todo el rango temporal de estudio) (Fig. 2), con un promedio de  $5,65 \pm 4,2$  especies. Las mayores riquezas ( $\geq 30$  especies) las encontramos en una localidad del noroccidente del



**Figura 1.** Variación temporal en el número de registros de aves migratorias Neárticas-Neotropicales, localidades y observadores, según datos de la plataforma eBird (Cornell Lab of Ornithology, 2023), entre 1976 y 2023.

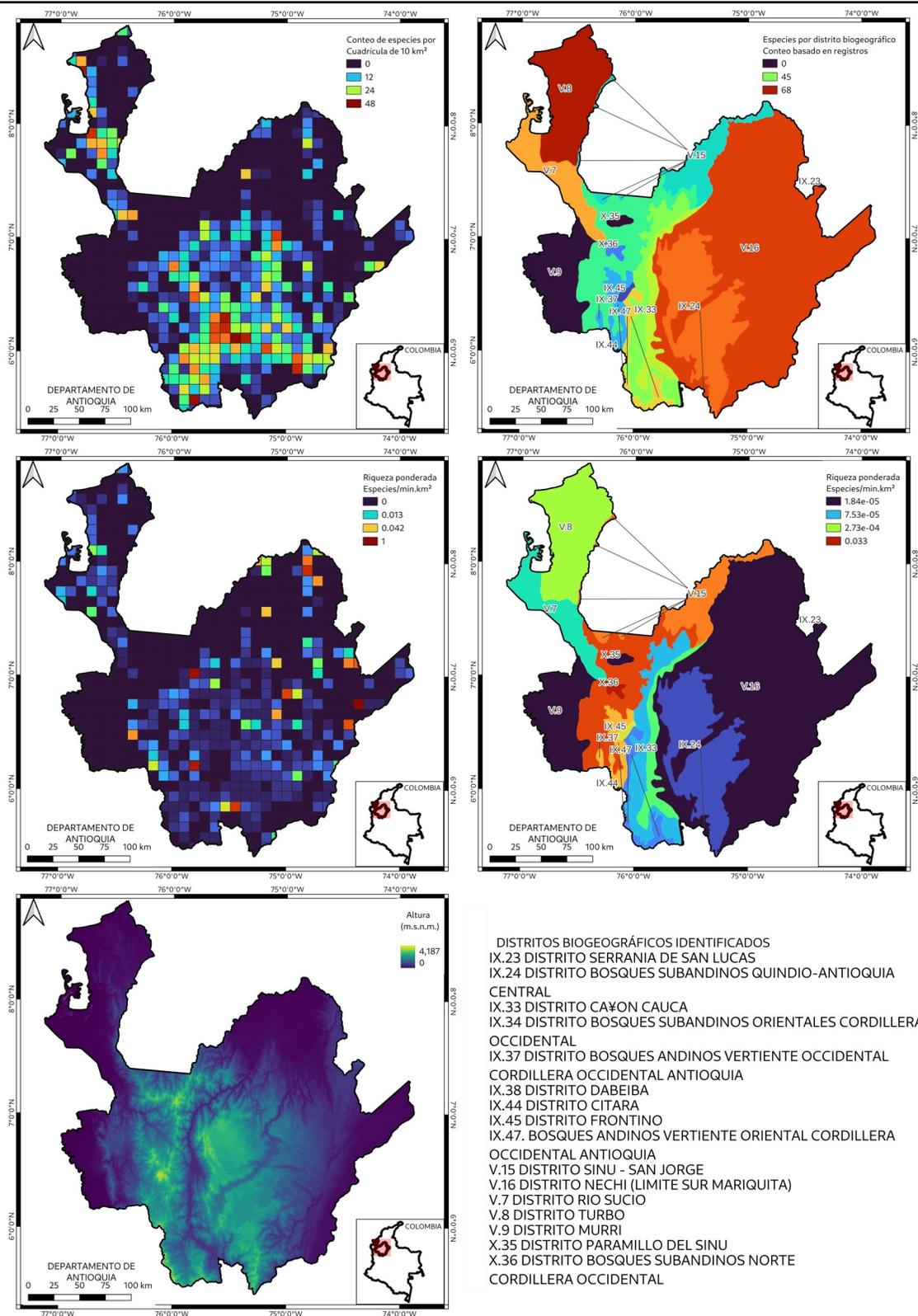
departamento, a 19,7 km lineales del golfo de Urabá (Tulenapa, municipio de Carepa) y en una localidad del suroriente, en el cañón del río Claro, a 1,9 km lineales del río Magdalena, en la región del Magdalena Medio (Reserva Natural Cañón de río Claro, ubicado en límites entre los municipios de San Francisco y San Luis). Otras localidades con alta riqueza (26-39 especies) las encontramos en municipios del nororiente cercano (*e.g.*, Amalfi y Anorí) y del centro del departamento (Valle de Aburrá y alrededores), además de otros municipios del noroccidente (*e.g.*, Necoclí) (Fig. 2). Las localidades con riquezas intermedias o bajas (menos de 26 especies) se distribuyeron por todo el departamento, incluso en los alrededores de las localidades con más especies reportadas (Fig. 2).

Sin embargo, al ajustar por esfuerzo de muestreo identificamos otras áreas con alta riqueza de especies de aves migratorias neárticas-neotropicales que pasaron desapercibidas, especialmente aquellas de menor muestreo. Esto se observó, por ejemplo, en el extremo nororiental del departamento (*i.e.*, bajo Cauca), en el centro occidente (*i.e.*, extremo norte de la cordillera occidental) y en unos sectores de los

límites orientales, colindando con el departamento de Bolívar (*i.e.*, hacia la Serranía de San Lucas) (Fig. 2). Esto también se observó a una escala más gruesa con los distritos biogeográficos, lo cual, al ajustar por esfuerzo de muestreo, sugirió que una de las mayores riquezas de especies se presenta en las vertientes occidentales de la cordillera occidental y en el norte de la misma cordillera, especialmente en sectores asociados a pie de monte (Fig. 2). En contraste, algunos sectores como el Valle de Aburrá y el suroriente del departamento, luego de ajustar los valores por esfuerzo de muestreo, evidenciaron valores relativamente bajos de riqueza de especies (Fig. 2).

#### Especies con interés para la conservación.-

Encontramos seis especies de aves migratorias neárticas-neotropicales con interés para la conservación, según las categorías de amenaza a nivel internacional: *Chaetura pelagica*, categorizada como Vulnerable (VU), la cual se ha observado principalmente en la región del Urabá (noroccidente del departamento), por debajo de los 500 m; *Calidris pusilla*, *Contopus cooperi*, *Setophaga cerulea*, *S. striata* y *Vermivora chrysoptera*, categorizadas como Casi



**Figura 2.** Distribución de la riqueza de especies aves migratorias neárticas-neotropicales en el departamento de Antioquia (Colombia), según datos de la plataforma eBird (Cornell Lab of Ornithology 2023), entre 1976 y 2023. Se compara el conteo de especies acumulado por cuadrícula de 10 × 10 km y los distritos biogeográficos *sensu* Hernández-Camacho *et al.* (1992), sin ajustar por esfuerzo de muestreo (recuadros de la parte superior) y ajustado por esfuerzo de muestreo (número de especies / km × hora de muestreo) (recuadros de la parte intermedia). En el recuadro inferior se especifican los distritos biogeográficos *sensu* Hernández-Camacho *et al.* (1992) y la topografía de Antioquia según un modelo de elevación digital obtenido a través de la plataforma Google Earth Engine (Gorelick *et al.* 2017), utilizando el insumo STRM Global (Jarvis *et al.* 2008).

Amenazadas (NT), las cuales se han observado de manera más amplia en todo el departamento. Solo dos de estas especies presentan alguna preocupación de conservación a nivel nacional: *Contopus cooperi* (NT) y *Setophaga cerulea* (VU).

**Especies más comunes.-** Las especies con mayor número de registros (sumando individuos reportados por cada evento de observación, sin control de recuentos) fueron especies que migran durante horas diurnas en grupos numerosos: *Buteo swainsoni* (1.087.141), *B. platypterus* (497.922), e *Hirundo rustica* (13.872). Otras especies con este mismo comportamiento también tuvieron un alto número de registros: *Petrochelidon pyrrhonota* (13.477) e *Ictinia mississippiensis* (6.933). Sin considerar especies que suelen tener su mayor número de registros durante sobrevuelos o movimientos masivos, las más representativas fueron *Setophaga fusca* (26.123), *Piranga rubra* (12.738), *S. castanea* (10.454), *Catharus ustulatus* (10.454), *S. petechia* (7.418), *Tyrannus tyrannus* (4.761) y *Spatula discors* (5.413), siendo esta última la única especie asociada exclusivamente a ecosistemas acuáticos.

**Especies menos comunes.-** Encontramos reportes únicos para siete especies (misma localidad y fecha). Algunos de ellos parecen ser los primeros registros conocidos (*i.e.*, publicados) para el departamento de Antioquia. Tres de estas especies se reportaron en el oriente de Antioquia: *Mareca americana* en el municipio de Rionegro a 1809 msnm, *Pluvialis dominica* en el municipio de Guatapé a 1991 msnm y *Setophaga tigrina* en el municipio de Guarne a 2316 msnm. Las otras cuatro especies con reportes únicos se encontraron en una misma localidad, Tulenapa, en el municipio de Carepa a 41 msnm, ubicada en el noroccidente de Antioquia: *Dumetella carolinensis*, *Helmitheros vermivorum*, *Setophaga magnolia* y *S. citrina*. No se encontraron especies que representen nuevos registros para Colombia.

**Especies dudosas.-** Encontramos reporte de diez especies que consideramos dudosas: *Anas acuta*, cuyo plumaje de invierno es similar a otras especies del género; *Calidris bairdii* y *C. fuscicollis*, las cuales son similares morfológicamente a otras aves playeras (en

el plumaje, tamaño y otros); *Circus hudsonius* que cuenta con una fotografía muy lejana donde no se distinguen muy bien sus caracteres diagnósticos; *Tachycineta bicolor*, especie que se puede confundir con *T. albiventer* y fue reportada por fuera de temporada de migración – octubre a marzo; *Geothlypis formosa*, la cual fue reportada durante un recorrido en bote y se puede confundir con especies del mismo género y algunas especies del género *Setophaga*. Finalmente, consideramos también a *Vermivora cyanoptera* una especie dudosa, debido a que no se contó con evidencia confirmatoria; esta especie tampoco ha sido reportada en áreas limítrofes del departamento y puede confundirse con *Protonotaria citrea*.

## Discusión

En esta revisión de reportes de aves migratorias neárticas-neotropicales usando datos de la plataforma eBird (Cornell Lab of Ornithology 2023), confirmamos para el departamento de Antioquia (Colombia) alrededor del 70% de la riqueza total de este grupo de aves presentes en Colombia (Díaz-Bohórquez et al. 2014, Echeverry-Galvis et al. 2022). Esto se podría explicar por la ubicación del departamento en el extremo noroccidental de Sur América, el cual representa la entrada de una alta proporción de estas especies a Colombia y otros países de la región (Bayly et al. 2014).

Por otro lado, en Antioquia aún se presentan varias zonas dominadas por bosques nativos, donde las condiciones para las aves migratorias neárticas-neotropicales podrían ser favorables. Esto lo sugieren los picos de riqueza que reportamos en localidades como Río Claro y varias localidades en los municipios de Amalfi, Maceo y Anorí, todas ellas dentro de enclaves húmedos de provincias biogeográficas dentro del Magdalena-Cauca (Hernández-Camacho et al. 1992), donde se mantienen remanentes de bosque nativo bien conservados. Esto también sugiere la importancia de mejorar el conocimiento sobre estas aves en sitios menos explorados con condiciones similares como el occidente de Antioquia, especialmente en las vertientes húmedas de la cordillera occidental que colindan con el Chocó-

Darién y en los límites de Antioquia con el departamento de Bolívar, específicamente en la Serranía de San Lucas.

Para entender mejor la distribución de la riqueza y la composición de especies de aves neárticas-neotropicales en Antioquia posiblemente se requerirán estudios con diferentes fuentes de información, además de eBird, que evalúen la influencia conjunta de factores a diferentes escalas, como el cambio climático y la transformación del paisaje. Esto también debe ser analizado en un marco temporal, ya que algunas especies podrían estar ampliando sus rangos de distribución debido a este tipo de cambios y transformaciones (Freeman *et al.* 2018). Adicionalmente, es importante entender mejor el rol relativo que juegan varios paisajes de alta intervención antrópica en la diversidad regional de aves migratorias neárticas-neotropicales comparando con los bosques nativos, como es el caso de los sistemas agroforestales (Díaz-Bohórquez *et al.* 2014, Mcdermott *et al.* 2014). Como lo sugieren nuestros análisis, la alta riqueza y representatividad de este tipo de aves reportada en algunos de estos ecosistemas intervenidos podría ser un efecto de los sesgos de muestreo. En este sentido, mientras no se hagan estudios más amplios controlando este tipo de sesgos será difícil dilucidar y explicar patrones espaciotemporales para las aves migratorias neárticas-neotropicales a escalas regionales y departamentales.

El creciente uso de la plataforma eBird en Antioquia y el resto de Colombia representa una frontera aún inexplorada para investigadores y tomadores de decisiones que intervienen en estrategias de conservación de la biodiversidad (Garizábal-Carmona & Castaño-Rivas 2024). La participación en eventos de observación como el Global Big Day y el October Big Day, junto con el aumento de observadores y localidades (Cornell Lab of Ornithology 2023), y la disponibilidad de nuevos recursos que ayudan a mejorar la confiabilidad de la información, como Merlin y BirdNet, se convierten en herramientas esenciales para que esta plataforma siga creciendo en datos y archivos multimedia (Sullivan *et al.* 2014). Sin embargo, la masificación de observación de aves y otros elementos de la biodiversidad en Colombia

debe estar acompañada del fortalecimiento de trabajo colaborativo entre la academia, la ciudadanía y las instituciones, para que el gran aporte de información se aproveche de manera más eficiente y confiable. Esto permitirá entender mejor las problemáticas de conservación y viabilizar estrategias bajo enfoques que integren la investigación, la gestión y control gubernamental, la educación ambiental y la apropiación social del conocimiento.

## Literatura citada

- ARBELÁEZ-CORTÉS, E. 2013. Knowledge of Colombian biodiversity: published and indexed. *Biodiversity and Conservation* 22:2875–2906. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0560-y>
- BAYLY, N.J., L. CÁRDENAS ORTIZ, M. RUBIO & C. GÓMEZ. 2014. Migration of raptors, swallows and other diurnal migratory birds through the Darien of Colombia. *Ornitología Colombiana* 25:63–71.
- BRUMFIELD, R.T. & A.P. CAPPARELLA. 1996. Historical diversification of birds in Northwestern South America: A molecular perspective on the role of vicariant events. *Evolution* 50(4):1607–1624. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1996.tb03933.x>
- CÁRDENAS-ORTIZ, L., N.J. BAYLY, K.J. KARDYNAL & K. A. HOBSON. 2020. Defining catchment origins of a geographical bottleneck: Implications of population mixing and phenological overlap for the conservation of Neotropical migratory birds. *Condor* 122:1–13. <https://doi.org/10.1093/condor/duaa004>
- CORNELL LAB OF ORNITHOLOGY. 2023. eBird: una base de datos en línea para la abundancia y distribución de las aves. Ithaca, NY: Cornell Lab of Ornithology. [www.ebird.org](http://www.ebird.org).
- DÍAZ-BOHÓRQUEZ, A.M., N.J. BAYLY, J.E. BOTERO & C. GÓMEZ. 2014. Aves migratorias en agroecosistemas del norte de Latinoamérica, con énfasis en Colombia. *Ornitología Colombiana* 14:3–27 <https://revistas.ornitologiacolombiana.com/index.php/roc/article/view/351>
- DUNN, J.L. & J. ALDERFER. 2011. *Field Guide to the Birds of North America* (Sixth Edition). National Geographic. Washington D.C.
- ECHEVERRY-GALVIS, M.A., O. ACEVEDO-CHARRY, J.E. AVENDAÑO, C. GÓMEZ, F.G. STILES, F. ESTELA & A.M. CUERVO. 2022. Lista oficial de las aves de Colombia 2022: Adiciones, cambios taxonómicos y actualizaciones de estado. *Ornitología Colombiana* 22:25–51 <https://doi.org/10.59517/oc.e548>
- ESPINAL, L.S. 1964. Geografía ecológica del departamento de Antioquia (Zonas de vida (formaciones Vegetales) del departamento de Antioquia). *Facultad Nacional de Agronomía* 24(60):24–32.
- FREEMAN, B.G., M.N. SCHOLER, V. RUIZ-GUTIERREZ & J.W. FITZPATRICK. 2018. Climate change causes upslope shifts and mountaintop extirpations in a tropical bird community. *PNAS* 115(47):11982–11987. <https://doi.org/10.1073/pnas.1804224115>
- GARIZÁBAL-CARMONA, J.A. & A.M. CASTAÑO-RIVAS. 2024. El papel de los observadores de aves en la Ciencia

- Ciudadana: historia, oportunidades y desafíos en Colombia. *Boletín SAO* 33(1&2):1-7.
- GORELICK, N., M. HANCHER, M. DIXON, S. ILYUSHCHENKO, D. THAU & R. MOORE. 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote sensing of Environment* 202:18-27.
- HERMELIN, M. 2006. *Geografía de Antioquia: Geografía histórica, física, humana y económica*. Fondo Editorial Universidad EAFIT.
- HERNÁNDEZ-CAMACHO, J., A. HURTADO-GUERRA, R. ORTIZ-QUIJANO & T. WALSCHBURGER. 1992. Unidades biogeográficas de Colombia. En: G. Halffter (Ed.), *La diversidad biológica de Iberoamérica I* (Primera Ed, p. 204). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.).
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. 2007. *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras Departamento de Antioquia (Vol. 3)*. Bogotá D. C., Colombia.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE AND NATURAL RESOURCES. 2023. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2022-2*. IUCN Global Species Programme Red List Unit.
- JACKSCH, C. 2007. *Towards applied modeling of the human-eco-system an approach of hydrology based integrated modeling of a semi-arid sub-catchment in rural north-west India*. Thesis, Universität Potsdam, Germany.
- JARVIS, A., H.I. REUTER, A. NELSON & E. GUEVARA. 2008. Hole-filled SRTM for the globe Version 4, available from the CGIAR-CSI SRTM 90m Database: <https://srtm.csi.cgiar.org>.
- JETZ, W., G.H. THOMAS, J.B. JOY, K. HARTMANN & A.O. MOOERS. 2012. The global diversity of birds in space and time. *Nature* 491:444-448. <https://doi.org/10.1038/nature11631>
- KOBORI, H., J.L. DICKINSON, I. WASHITANI, R. SAKURAI, T. AMANO, N. KOMATSU, W. KITAMURA, S. TAKAGAWA, K. KOYAMA, T. OGAWARA & A.J. MILLER-RUSHING. 2016. Citizen science: a new approach to advance ecology, education, and conservation. *Ecological Research* 31(1):1-19. <https://doi.org/10.1007/s11284-015-1314-y>
- MCDERMOTT, M., A.D. RODEWALD & S.N. MATTHEWS. 2014. Managing tropical agroforestry for conservation of flocking migratory birds. *Agroforestry Systems*. 89:383-396. <https://doi.org/10.1007/s10457-014-9777-3>
- NARANJO, L.G., J.D. AMAYA, D.E. EUSSE-GONZÁLEZ & Y. CIFUENTES-SARMIENTO. 2012. *Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia*. Aves (M. de A. y D.S. / WWF (ed.); Vol 1.). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF.
- PYLE, P. 1997. *Identification guide to the North American birds* (Second Ed.). The Institute of Bird Populations, Point Reyes Bird Observatory and Slate Creek Press, USA.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM. 2023. QGIS Geographic Information System (Verona). Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>
- R CORE TEAM 2023. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- RENJIFO, L.M., A.M. AMAYA-VILLARREAL, J. BURBANO-GIRÓN & J. VELÁSQUEZ-TIBATÁ. 2016. *Libro rojo de aves de Colombia, Volumen II: Ecosistemas abiertos, secos, insulares, acuáticos continentales, marinos, tierras altas del Darién y Sierra Nevada de Santa Marta y bosques húmedos del centro, norte y oriente del país*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá.
- RENJIFO, L.M., M.F. GÓMEZ, J. VELÁSQUEZ-TIBATÁ, A.M. AMAYA-VILLARREAL, G.H. KATTAN, J.D. AMAYA-ESPINEL & J. BURBANO-GIRÓN. 2014. *Libro rojo de aves de Colombia, Vol I: Bosques húmedos de los Andes y la costa pacífica*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- ROCHE, J., L. BELL, C. GALVÃO, Y.N. GOLUMBIC, L. KLOETZER, N. KNOBEN, M. LAAKSO, J. LORKE, G. MANNION, L. MASSETTI, A. MAUCLINE, K. PATA, A. RUCK, P. TARABA & S. WINTER. 2020. Citizen Science, Education, and Learning: Challenges and Opportunities. *Frontiers in Sociology* 5:1-10. <https://doi.org/10.3389/fsoc.2020.613814>
- SULLIVAN, B.L., J.L. AYCRRIGG, J.H. BARRY, R.E. BONNEY, N. BRUNS, C.B. COOPER, T. DAMOULAS, A.A. DHONDT, T. DIETTERICH, A. FARNSWORTH, D. FINK, J.W. FITZPATRICK, T. FREDERICKS, J. GERBRACHT, C. GOMES, W.M. HOCHACHKA, M.J. ILIFF, C. LAGOZE, F.A. LA SORTE & S. KELLING. 2014. The eBird enterprise: An integrated approach to development and application of citizen science. *Biological Conservation* 169:31-40. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.003>
- SULLIVAN, B.L., C.L. WOOD, M.J. ILIFF, R.E. BONNEY, D. FINK & S. KELLING. 2009. eBird: A citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation* 142:2282-2292. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.05.006>
- STRIMAS-MACKEY, M., W.M. HOCHACHKA, V. RUIZ-GUTIERREZ, O.J. ROBINSON, E.T. MILLER, T. AUER, S. KELLING, D. FINK & A. JOHNSTON. 2023. *Best Practices for Using eBird Data. Version 2.0*. <https://ebird.github.io/ebird-best-practices/>. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3620739>
- WANG WEI, J., L. B.P.Y-H. & L. BING WEN. 2016. Citizen science and the urban ecology of birds and butterflies - A systematic review. *PLoS ONE*, 11(6), 1-23. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156425>
- WICKHAM, H., R. FRANÇOIS, L. HENRY, K. MÜLLER & D. VAUGHAN. 2023. *dplyr: A Grammar of Data Manipulation*. R package version 1.1.4, <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>