



COLONIZACIÓN, PATRONES DE DISTRIBUCIÓN Y USO DE HÁBITAT DEL IBIS NEGRO *PHIMOSUS INFUSCATUS* EN LA ZONA URBANA DEL VALLE DE ABURRÁ, COLOMBIA

Daniel Mateo Gómez-Londoño^{1*} · Paulo César Pulgarín-R¹

¹Facultad de Ciencias y Biotecnología, Universidad CES, Medellín, Colombia.
E-mail: Daniel Mateo Gómez-Londoño · gomezlo.daniel@uces.edu.co

Resumen · En aves ha sido ampliamente estudiado el cambio de distribuciones causado por actividades humanas. La urbanización, una de las principales modificaciones del paisaje, puede tener efectos ecológicos adversos, pero también puede ofrecer recursos y favorecer el establecimiento de poblaciones. Este proceso se denomina colonización y ha sido poco estudiado en el Neotrópico. *Phimosus infuscatus* una especie que recientemente ha aumentado sus avistamientos, en ciudades fuera de su ámbito de distribución, es un gran candidato para estudiar este proceso en el Valle de Aburrá, Colombia. Para lograr eso, buscamos y filtramos todos los registros de presencia histórica, en bibliografía y portales de ciencia ciudadana, para graficar anualmente su aparición. Realizamos observaciones de campo y obtuvimos registros georreferenciados, para caracterizar su uso de hábitat y comportamiento. Por medio de imágenes satelitales clasificamos el territorio y graficamos los registros, para analizar las áreas usadas por la especie. Hallamos 1279 registros en total y filtramos 487, los primeros registros ocurren en los años 2008 y 2010, seguido de un rápido patrón de expansión en 10 años. Observamos individuos y grupos en actividades, principalmente de forrajeo y percha. Las áreas más usadas por la especie son zonas verdes y fuentes hídricas en el territorio urbano. La especie demuestra un patrón dinámico de expansión, y ha hallado las condiciones adecuadas para su establecimiento. Hay que considerar los sesgos inherentes a registros de ciencia ciudadana y de carencia de inventarios históricos locales. Casos de establecimiento urbano también se han dado en otras ciudades de Colombia y en Suramérica, así como en otros continentes con diferentes representantes de la familia Threskiornithidae. Finalmente, la especie parece mostrar tolerancia a las perturbaciones humanas, y es posible que el uso de hábitat se vea afectado por la estacionalidad local. Sugerimos iniciar un monitoreo continuo y estudiar otros aspectos ecológicos.

Abstract · Colonization, distributional patterns and habitat use of the Bare-faced Ibis *Phimosus infuscatus* in the urban area of the Valle de Aburrá, Colombia

Distributional changes caused by human activities have been extensively studied in birds. Urbanization, one of the mayor modifications in landscapes, can cause adverse ecological effects, but also can offer resources and encourage establishment of populations. This process is called colonization, and it has been poorly studied in the Neotropics. *Phimosus infuscatus*, an ibis species whose sightings have recently increased in cities out of its distributional scopes, is a great candidate for research on colonization in the Valle de Aburrá, Colombia. To accomplish that, we searched and filtered all historical presence records in literature and citizen science portals to graph its appearance annually. We made field observations and got georeferenced records to characterize its habitat use and behavior. With satellite imagery we classified the territory and graphed the records to analyze the areas used by the species. We found 1279 records and filtered them down to 487. The first records happened in 2008 and 2010, followed by a quick expansion pattern in 10 years. We observed individuals and groups, and their activities were mainly foraging and perching. The most used areas by the species are green zones and water sources in urban territories. The species shows a dynamic expansion pattern, and it has found suitable conditions for its establishment. However, it is necessary to consider the inherent biases of citizen science records and the lack of local historical inventories. Cases of urban establishment have happened in other Colombian cities, across South America, and even other continents but with different Threskiornithidae species. Finally, the species seems to show tolerance to human disturbance, and it is possible that habitat use can be affected by local seasonality. For future studies, we suggest continuously monitoring and studying other ecological aspects.

Key words: Citizen science · Remote sensing · Species distribution · Threskiornithidae · Urban ecology

INTRODUCCIÓN

La pérdida de hábitat causada por actividades de origen antrópico, tales como el cambio en el uso del suelo, la contaminación y el cambio climático, tienen diversos efectos en la biodiversidad (Jetz et al. 2007, Şekercioğlu et al. 2012, Boivin et al. 2016). En aves, estos efectos han sido ampliamente estudiados a causa de la gran cantidad de información y monitoreo que se ha recopilado históricamente, y porque estas son buenas indicadoras de cambios ambientales (Morrison 1986, Furness & Greenwood 1993, Şekercioğlu et al. 2012). El cambio en las distribuciones geográficas en las aves es uno de los efectos más recurrentes y puede ser facilitado por su capacidad de dispersión relativamente alta (Crick 2004, Van der Putten et al. 2010, Bellard et al. 2012).

En años recientes se ha acelerado la transformación de áreas naturales en paisajes urbanizados que sostienen grandes poblaciones humanas. Allí aumentan los efectos ecológicos adversos, como la fragmentación, pérdida de la calidad de hábitat, cambios en regímenes climáticos, entre otros (Evans et al. 2009, Møller 2009, Young 2009). Sin embargo, los entornos urbanos pueden ofrecer a las poblaciones de aves recursos alimenticios o sitios para nidificar, y pueden favorecer especies con mayor tolerancia ambiental, lo que promueve la colonización de estas áreas (Marzluff 2005, Bonier et al. 2007, Rutz 2008, Evans et al. 2009, Møller 2009). El proceso

Submitted 04 Dec 2020 · First decision 18 Jan 2021 · Acceptance 02 Dec 2023 · Online publication 17 Dec 2024

Communicated by Luis Sandoval

Copyright © 2024 by the author(s)



de colonización ocurre cuando la especie empieza a ocupar espacios al interior de su distribución natural en los que previamente no era detectada (Nichols et al. 1998, Evans et al. 2010). El establecimiento exitoso de poblaciones urbanas pasa por al menos dos fases (Rutz 2008, Evans et al. 2010). La primera es la colonización como tal, que comprende la llegada de los primeros colonizadores, el establecimiento y la expansión (Rutz 2008, Evans et al. 2010). La segunda es el ajuste y adaptación, en donde las poblaciones urbanas, tras periodos largos de vivir en estos entornos, presentan adaptaciones al nuevo ambiente urbano, denominado en inglés *synurbization* (Rutz 2008).

Los estudios acerca de los efectos de la urbanización en la biota de las ciudades han incrementado porque se ha propuesto como un asunto relevante y de gran importancia a documentar en el escenario futuro, con el objetivo de mejorar la comprensión y entendimiento de las respuestas de la biodiversidad a la perturbación humana (Rutz 2008, Møller 2009, Evans et al. 2010), especialmente en las ciudades del Neotrópico, donde aún es muy escaso el conocimiento sobre especies colonizadoras (Aguilar et al. 2016, Stiles et al. 2017). A pesar de que en Colombia son pocos los casos de estudio de colonización urbana (Strewe et al. 2006, de la Ossa & de la Ossa-Lacayo 2011), se han realizado análisis sobre ampliaciones de distribución en los Andes, donde se menciona que eventos de deforestación, fragmentación de bosque y cambio climático pueden facilitar la expansión de especies generalistas de áreas abiertas y pastizales, y que las especies pueden poseer una preferencia de hábitat más amplia y menos especialización en su dieta. Además, no se descarta la posibilidad de introducción mediada por el hombre (Avendaño et al. 2013).

El ibis negro *Phimosus infuscatus* (Threskiornithidae), es una especie nativa de Suramérica. Su distribución en Colombia corresponde a la región Caribe al norte, los Llanos Orientales y los valles interandinos del río Cauca y el río Magdalena, y habita en áreas abiertas, zonas inundables y aguas poco profundas, regularmente hasta la altura de 1000 m s.n.m. (Hilty et al. 1986, Matamala et al. 2012). Sin embargo, en años recientes, ha sido observado en varios centros urbanos del país. En el Valle de Aburrá, según las guías locales de aves, la especie era un raro visitante de la zona, sin llegar a ser visto hacia el final de la década de los 90 e inicios de los 2000 (Weber et al. 1999, 2004). No obstante, en los últimos 10 años ha aumentado en gran medida el número de avistamientos en diversas localidades del Valle de Aburrá, convirtiéndose en una especie común y fácil de observar en jardines, gramas, árboles, parques, cuerpos de agua y en vuelo sobre la ciudad. Aun así, hasta la fecha, no hay estudios publicados sobre los aspectos de la colonización urbana de esta especie.

El objetivo de este trabajo fue entender los patrones y aspectos que sigue la colonización y las características del establecimiento de *P. infuscatus* en el territorio urbano del Valle de Aburrá. Para esto, (1) graficamos la cronología espacial de los avistamientos georreferenciados de la especie, (2) caracterizamos sus patrones de distribución y uso de hábitat en el territorio urbano del Valle de Aburrá y (3) analizamos espacialmente, con mapas clasificados, el patrón general de distribución y las áreas usadas por la especie.

MÉTODOS

El Valle de Aburrá es el segundo centro urbano más poblado de Colombia. Es un valle interandino que se encuentra en la región centro-occidental del país y está compuesto por diez divisiones administrativas. Tiene una superficie de 1165 km², de la cual cerca del 16% pertenece a la zona urbana, y su eje central es el río Medellín (AMVA 2019). Su elevación va desde 1300 m s.n.m. en el centro hasta 2800 m s.n.m. en la ladera (AMVA 2019). El área urbana se encuentra en la zona de vida del bosque húmedo premontano (bh-PM) (Espinal 1985), tiene un régimen de precipitación anual entre 1200 mm y 1900 mm, y la temperatura varía

entre los 20°C y 24°C (ACODAL 2017).

Para graficar la cronología espacial de la colonización de *P. infuscatus* en el Valle de Aburrá, buscamos registros de presencia georreferenciados y consultamos las siguientes fuentes: 1) bibliografía publicada y 2) repositorios web de registros biológicos (eBird 2019, GBIF 2019, SiB Colombia 2019), en los cuales se incluyen dos colecciones biológicas de museos locales, tres censos de aves nacionales y dos portales de ciencia ciudadana. Para cada fuente de datos seleccionamos los registros de la especie dentro del territorio del Valle de Aburrá. Estos registros recibieron tratamiento de filtrado para minimizar sesgos espaciales de sobremuestreo en una misma localidad; para ello, seleccionamos un solo registro, el más antiguo, de cada localidad única y también seleccionamos registros con valores de incertidumbre espacial menores a 30 m, minimizando el sesgo de precisión. Una vez filtrados, los agrupamos en una base de datos e hicimos una gráfica espacial año por año para observar patrones de crecimiento y de distribución temporal.

Para describir los patrones de distribución y el uso de hábitat, realizamos observaciones en campo en cerca de 140 localidades de la zona urbana del Valle de Aburrá. Seleccionamos las localidades según la tendencia de la especie hacia zonas verdes y cuerpos de agua, que fue observada en los registros históricos. Buscamos individuos entre las 06:00 h y 18:30 h durante los primeros 10 meses del año 2019. Una vez localizados, fueron observados por periodos de tiempo variable. Anotamos el número de individuos y las coordenadas (con la mayor precisión posible) del sitio donde se ubicaban con la aplicación GPS Essentials (Schollmeyer, 2015) y posteriormente verificamos la correspondencia espacial en Google Maps (Google, 2019). Para caracterizar el uso de hábitat, clasificamos el área observada según el sustrato de la siguiente manera: zonas verdes, cuando se encontrara en jardines y gramas; cuerpos de agua, si se encontraba en riberas de quebradas o cerca de lagos; arbolado urbano, si se hallaba en especies arbóreas o arborescentes, o construcción urbana si se hallaba en muros, mallas, cables, entre otras estructuras. Para describir los hábitos, anotamos el comportamiento de la especie en el área donde fue observada y se clasificó como: forrajeo, si fueron vistos obteniendo alimento o removiendo el sustrato con su pico; percha, en caso de que solo estuvieran en reposo; hábitos reproductivos, si identificábamos nidos o crianza, y dormitorios, si se encontraba la permanencia de individuos en el lugar posterior a las 18:00 h. También añadimos registros ocasionales que tuviesen coordenadas georreferenciadas. Además, con el fin de recolectar y de cubrir un mayor espacio de tiempo y área, llevamos a cabo una campaña de ciencia ciudadana, en la que invitamos a aficionados, expertos y observadores de aves a enviarnos (por medio de mensajería instantánea o correo electrónico) registros georreferenciados de presencia de la especie con la mayor precisión posible. Además de las coordenadas, se les pidió la fecha y hora del avistamiento, el sitio y los hábitos de los individuos.

Con el propósito de relacionar los registros con los elementos del paisaje del Valle de Aburrá, seleccionamos y descargamos cuatro imágenes del satélite Sentinel-2, dos correspondientes al 20 de diciembre de 2017 y dos al 8 de junio de 2019 (Apéndice 1), consultadas en los portales EarthExplorer y GloVis (USGS 2019), y que tuvieran una cobertura de nubes no mayor al 30%. Sentinel-2 tiene una resolución de imagen compuesta de 10 m y posee imágenes actualizadas desde el segundo semestre de 2015 (European Space Agency 2019). Realizamos el proceso de corrección atmosférica por el método DOS1 (Chavez 1988). Seguidamente, conjugamos en un juego de bandas y ejecutamos: (A) un proceso de clasificación supervisada y (B) de evaluación de cambio de cobertura en la zona urbana, administrados en el software QGIS (QGIS Development Team 2019). Efectuamos estos procesos siguiendo el protocolo del complemento Semi-Automatic Classification (Congedo 2019). Para la clasificación, definimos cuatro macroclases así: (1) agua para

fuentes hídricas, (2) suelo para terrenos baldíos sin vegetación, (3) urbano para construcciones humanas y (4) vegetación para gramas, arbustos y arbolado. A las nubes le asignamos un valor nulo (0) para que no fueran consideradas en la clasificación. Realizamos la evaluación de cambio de cobertura entre los dos años para analizar si el aumento de registros se relacionaba con un cambio de esas áreas. Para analizar los niveles de vegetación, por medio del software R v 4.0.0 (R Core Team 2013) y con ayuda del paquete *raster* (Hijmans, 2019), obtuvimos (C) una capa del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) (NASA Earth Observatory 2019) con una resolución de 10 m.

Una vez producidas las capas (A) y (C), usamos de nuevo el paquete *raster* del software R e intersectamos los registros de presencia y las capas creadas. Extrajimos para cada registro individual un valor categórico, que corresponde a la clasificación, y un valor continuo que corresponde al NDVI. Analizamos estos valores obtenidos por medio de un histograma de frecuencias, agrupando la distribución de los registros por las categorías de clasificación y por los intervalos de la escala de valores de NDVI, e hicimos una comparación entre nuestros registros por observación y los obtenidos del portal web de eBird, que posee mayor cantidad de registros y estos pueden poseer mayor representatividad espacial.

Finalmente, para analizar los patrones de distribución en función de la composición del paisaje del Valle de Aburrá, graficamos los registros de eBird con el paquete *ggmap* (Kahle & Wickman 2013) y *ggplot2* (Wickman 2016) de R, y por observaciones de campo en las capas de NDVI y de clasificación. También, graficamos en el centro de la ciudad de Medellín (la parte central del Valle de Aburrá y con mayor cantidad de registros) las zonas verdes y las fuentes hídricas, y superpuestos los registros georeferenciados obtenidos mediante observación de campo. Revisamos los patrones de distribución a escala más fina y su relación con la composición paisajística.

RESULTADOS

Hallamos 1279 registros de *P. infuscatus* en el Valle de Aburrá y, posteriormente filtrados, obtuvimos 487 (Tabla 1). La principal fuente de datos fue los portales de ciencia ciudadana. Del portal eBird provino el 93,2% de los registros totales y el 92,2% de los registros filtrados. La plataforma iNaturalist representó el 6,25% de los registros totales y el 7,4% de los registros filtrados. El porcentaje restante provino del Censo Neotropical de Aves Acuáticas en Colombia (CNAA) y del Censo Navideño de Aves de la Red Nacional de Observadores de Aves (RNOA). La base de censos DATAves no registró la especie en ninguna localidad del Valle de Aburrá. Las colecciones de museos locales tienen individuos preservados, pero no colectados en la zona.

Los primeros registros documentados de la especie en el Va-

lle de Aburrá se dieron entre los años 2008 y 2012 e indican cercanía a cuerpos de agua, ya que las localidades en donde se observó incluyen el lago del Jardín Botánico, el lago del Parque Norte y el río Medellín. En los años siguientes, la especie se registró en diversas localidades, en un patrón aparente de expansión dinámica y de concentración en un periodo corto de 10 años (Figura 1). A pesar de ello, con la información obtenida no pudimos determinar si el patrón fue direccional o en múltiples sitios independientes.

De los registros recopilados por observaciones, obtuvimos un total de 240 registros, de los cuales cerca del 30% provinieron de la campaña de ciencia ciudadana. Las principales actividades que documentamos fueron forrajeo y percha. La cantidad de individuos observados fue variable, desde un individuo, parejas o grupos de 3 hasta más de 100 individuos. En el uso de hábitat se documentó el uso de muchas zonas verdes para forrajeo, parques urbanos, jardines, corredores verdes asociados a quebradas y vías públicas, y zonas verdes amplias de campus universitarios e instituciones públicas. En áreas grandes se observaron grupos de entre 3 y 20 individuos, pero en jardines y corredores de áreas pequeñas fue común observar un individuo o parejas. Aparentemente no hay discriminación en el uso de diversas zonas verdes en las localidades del Valle de Aburrá (Figura 2A–C); sin embargo, hay mayor ausencia de datos en las zonas más densamente urbanizadas. Varias de las zonas verdes se encuentran relativamente cerca a fuentes hídricas. En relación con los cuerpos de agua, se observaron grupos variables (Figura 2D–E); las quebradas donde fueron observados fueron de corriente lenta o por lo menos tenían un área para posarse mientras forrajeaban (ej. piedras o cúmulos de sedimento). La mayoría de estas quebradas tienen algún grado de contaminación, pero a pesar de ello en algunas se observaron grupos de 10, 20 o hasta 40 individuos. En lagos, cerca de las orillas, los grupos generalmente no fueron mayores de 10 individuos en forrajeo. Para la percha se observó el uso indistinto de varias especies de plantas con distintos niveles de follaje y también de estructuras de construcción humana, como muros, mallas y cableado público, en grupos no mayores a 20 individuos (Figura 2F). Se encontraron comportamientos gregarios (grupos de más de 100 individuos) en dormitorios muy cercanos a cuerpos de agua, en árboles de mediana a alta frondosidad. Se observó comportamiento reproductivo y hay evidencia de crianza y nidificación (en *Guadua* sp.), pero los registros no son suficientes para inferir sobre esta actividad.

La evaluación del cambio de cobertura demostró que hubo poco cambio en las áreas y que no hay una relación entre los registros y el cambio de cobertura, pues la mayor parte de registros no está asociado a áreas que cambiaron en este periodo. En lo que respecta a los registros y su relación con zonas del Valle de Aburrá, hallamos que, para valores de clasificación, la distribución de los datos fue muy similar entre los registros por observación y los registros de eBird, donde la mayor cantidad de datos se encuentra en la categoría de vegetación y en menor

Tabla 1. Resumen de los registros de presencia obtenidos y filtrados de *Phimosus infuscatus*. Las fuentes consultadas aparecen con la escala temporal que cubren y el año del primer registro observado para la especie en el Valle de Aburrá.

Fuente	Registros obtenidos	Registros filtrados	Escala temporal	Año del primer registro
eBird (eBird Basic Dataset 2019)	1192	447	5 de marzo de 1810 – 30 de septiembre de 2019	2008
Naturalista (iNaturalist.org 2019)	80	36	6 de diciembre de 1897 – 30 agosto de 2019	2014
CNAA (Zamudio 2018)	4	2	2 de febrero de 2002 – 31 de julio de 2011	2010
Censo Navideño de la RNOA (RNOA 2019)	3	2	16 de diciembre de 2001 – 22 de diciembre de 2014	2012
DATAves (RNOA 2018)	0	0	28 de abril de 1948 – 25 de agosto de 2011	–
Colección de Ornitología - Museo de Ciencias Naturales de La Salle (Zurc & Butsca 2018)	0	0	24 de marzo de 1910 – 23 de julio de 2001	–
Colección de Aves - Museo Universitario de la Universidad de Antioquia (MUUA) (Morales-Rozo & Parra 2018)	0	0	4 de mayo de 1905 – 18 de diciembre de 2011	–

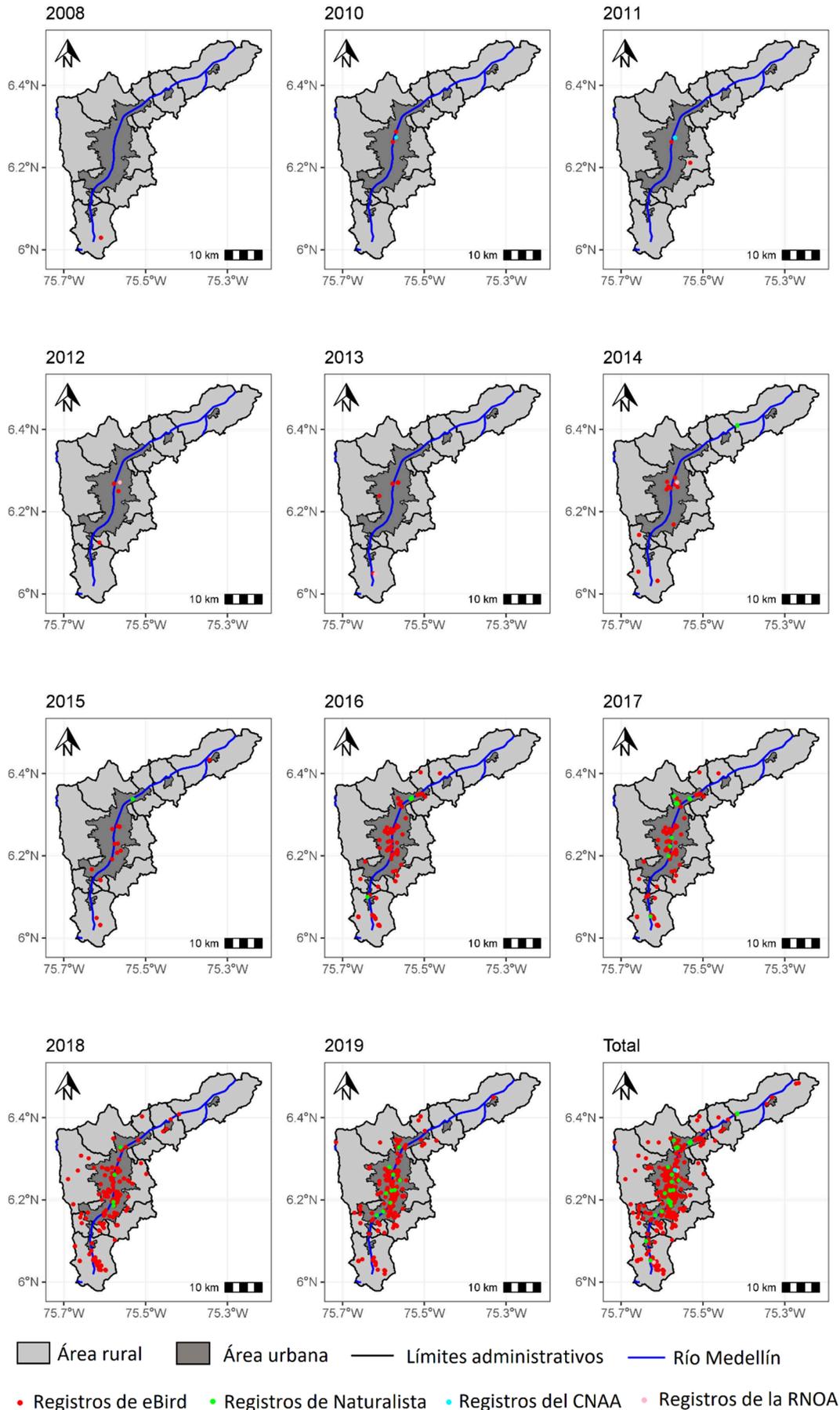


Figura 1. Cronología espacial de los registros de *Phimosus infuscatus* en el Valle de Aburrá. Incluye los registros de las fuentes consultadas que poseían presencias en el territorio (CNAA: Censo Neotropical de Aves Acuáticas, RNOA: Cuento Navideño de la Red Nacional de Observadores de Aves). El gráfico "Total" representa el acumulado de registros de todos los años. Los registros de 2019 incluyen datos hasta el 30 de septiembre. No se incluye el año 2009, del que no se obtuvo registro alguno.



Figura 2. Fotografías del ibis negro *Phimosus infuscatus* en localidades urbanas del Valle de Aburrá. A) Individuos forrajeando en zona verde amplia. B) Individuos en zona verde asociada a vía pública. C) Pareja forrajeando en jardín. D) Individuos forrajeando en quebrada contaminada. E) Individuos en ribera de quebrada. F) Individuos perchados en malla pública.

cantidad en la categoría de urbano. Para agua y suelo, los valores son mínimos en eBird, y para los datos de observación no hay registros para la categoría suelo, pero sí en categoría agua (Figura 3). En el caso de los registros colectados por observación para el NDVI, se distribuyen principalmente entre los valores que se definen como vegetación, entre 0,2 y 0,8 (grama y bosque), mientras que para los datos de eBird el patrón es heterogéneo, aunque presenta varios picos en los valores de vegetación y un pico en los valores de urbanismo (menor a 0,2) (Figura 4).

En el mapa de distribución en la ciudad de Medellín podemos observar el patrón que sigue la especie y que este se encuentra en congruencia con lo descrito en los resultados anteriores: muchos registros están ubicados en zonas verdes de la ciudad y muchos otros alrededor de quebradas. Inferimos que las zonas que más usa la especie en la ciudad son aquellas que comprenden fuentes hídricas y vegetación, pero a pesar de ello también hay registros en zonas urbanas (Figura 5).

DISCUSIÓN

El *P. infuscatus* ha mostrado un patrón de colonización dinámico al ocupar varias zonas en el Valle de Aburrá, principalmente urbanas, pero también periurbanas y rurales. Las fuentes que hablan de la ausencia de la especie antes del 2008 para los registros de fauna del Valle de Aburrá incluyen las guías de aves locales y nacionales (Hilty et al. 1986, Weber et al. 1999, 2004) y comentarios de ornitólogos de la zona que han observado aves por más de 20 años y, salvo algunas notas de prensa local, no se ha visibilizado la rápida expansión de esta especie. Se estima que los primeros colonizadores se establecieron cerca del 2008 y en un periodo aproximado de 10 años, la especie ha extendido considerablemente el número de localidades en las que ha sido observada (Figura 1). Es importante mencionar que el poco conocimiento sobre la fauna, reflejado en la ausencia de trabajos e inventarios históricos, principalmente de los municipios del norte y del sur del Valle de Aburrá, puede subestimar las pri-

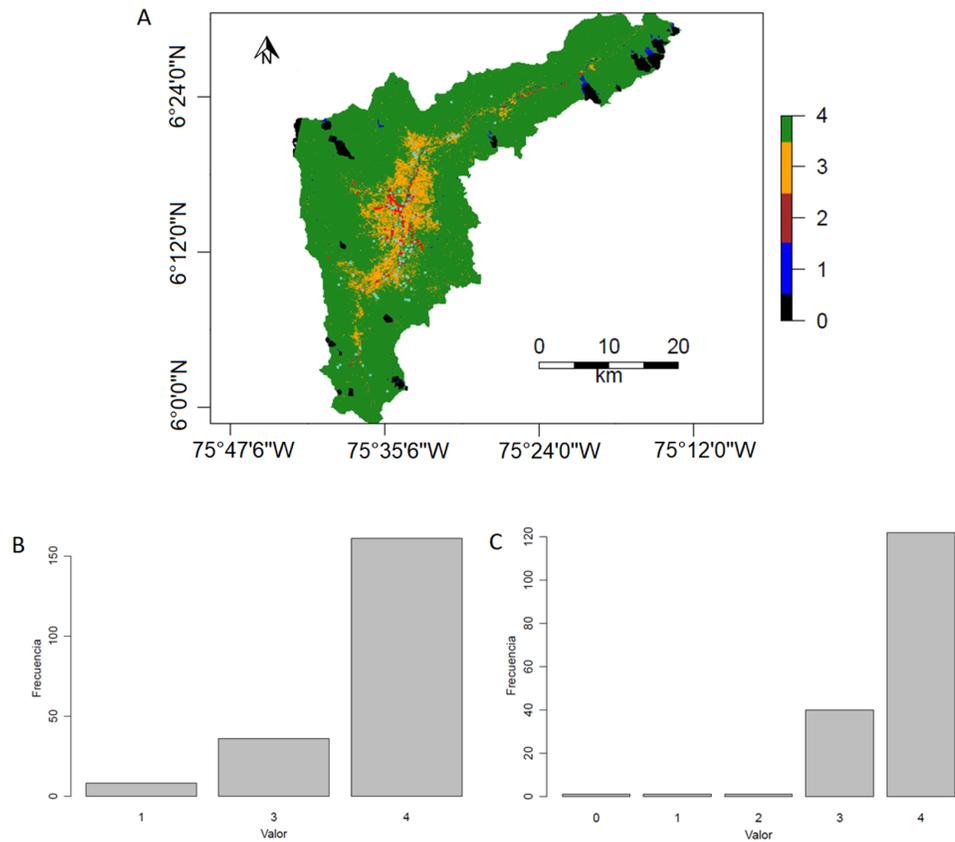


Figura 3. Distribución de los registros de presencia de *Phimosus infuscatus* en la capa de clasificación y los valores asociados a cada registro. Los valores categóricos se clasifican así: (0) valores nulos, (1) agua, (2) suelo, (3) urbano, (4) vegetación. A) Registros de presencia de la especie en el gráfico de la capa de clasificación supervisada. Los puntos rojos representan los registros recolectados por observación; los puntos turquesa, los registros de la plataforma eBird. B) Histograma de frecuencias de los valores categóricos de clasificación para los registros por observación. C) Histograma de frecuencias de los valores categóricos de clasificación para los registros de eBird.

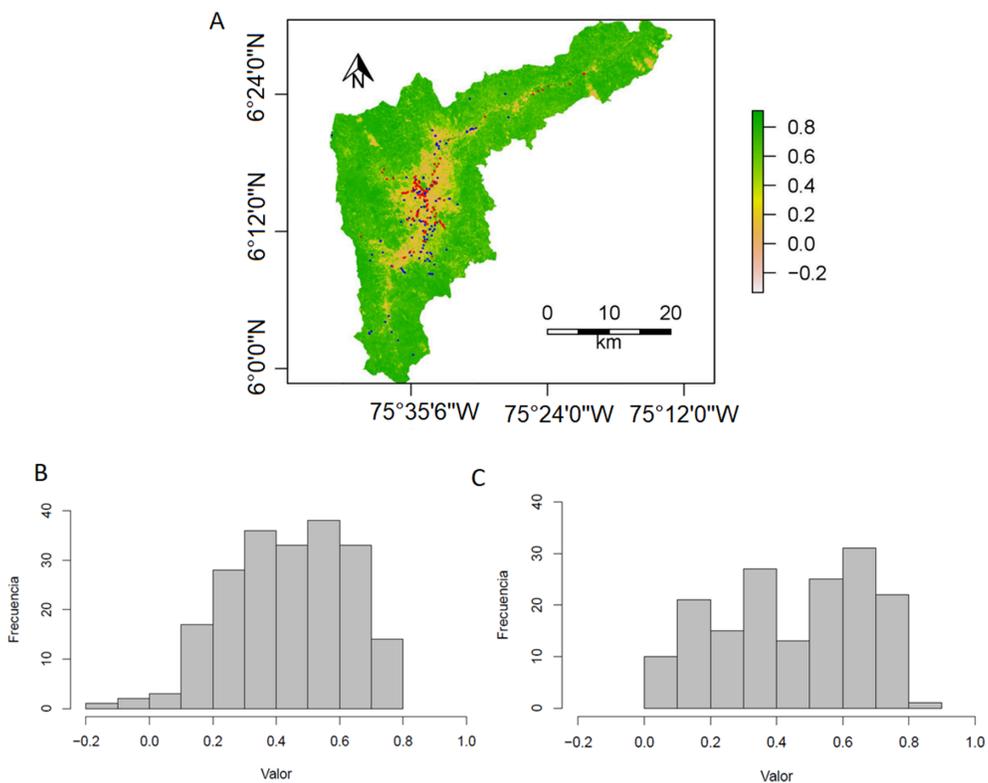


Figura 4. Distribución de los registros de presencia de *Phimosus infuscatus* en la capa del NDVI y los valores asociados a cada registro. A) Registros de presencia de la especie en el gráfico de la capa de NDVI. Los puntos rojos representan los registros recolectados por observación; los puntos azules, los registros de la plataforma eBird. B) Histograma de frecuencias en intervalos de valores del NDVI para los registros recolectados por observación. C) Histograma de frecuencias en intervalos de valores del NDVI para los registros de eBird.

meras etapas de colonización y el patrón que siguió en sus primeros años.

Es posible que esta especie tuviera un comportamiento de visitante en búsqueda de recursos previa a los primeros registros documentados y sin estar ocupando el territorio de manera permanente, como ha ocurrido con otras especies antes de colonizar áreas urbanas (Rutz, 2008). Cabe destacar que datos recopilados de portales no necesariamente reflejan un patrón fiel de expansión de la especie, pues los datos de ciencia ciudadana corren el riesgo de presentar sesgos espaciales y temporales, como zonas con mayor esfuerzo de muestreo que otras, y no tener una justa representatividad de toda el área y el tiempo de estudio (Sullivan et al. 2009, Callaghan et al. 2019, Johnston et al. 2021). Además, para Colombia el uso de las plataformas de ciencia ciudadana como eBird era bastante incipiente hasta hace poco tiempo (Chaparro-Herrera et al. 2013, Acevedo-Charry et al. 2014), sumado a los pocos registros, en general, para antes del 2012 (eBird 2019). Sin embargo, es importante acotar que varios estudios sobre colonización han utilizado los datos de ciencia ciudadana, tanto de censos de aves como de portales web, como una fuente muy valiosa de información histórica de las especies (Rutz 2008, Aguilar et al. 2016). En Colombia se han podido determinar cambios de avifauna tras periodos largos de tiempo con la información obtenida de los censos (Rosselli et al. 2017, Stiles et al. 2017): por ejemplo, la base DATAves tiene registros históricos en las ciudades y no se registró la especie en los primeros censos realizados.

Los primeros registros evidenciaron un patrón de cercanía de la especie al agua; las primeras zonas donde se registró la especie estaban asociadas a fuentes hídricas, como el río Medellín y los lagos del Jardín Botánico y del Parque Norte. No obstante, la especie ha demostrado la capacidad de explotar otras zonas de forrajeo y percha disponibles como áreas verdes, y ha encontrado las condiciones ambientales adecuadas para su establecimiento y reproducción.

Es posible que la colonización de *P. infuscatus* en centros urbanos pueda haberse estado dando en diferentes periodos en otros lugares de Colombia, pues varios estudios que han revisa-

do los cambios de la avifauna en ciudades en dos periodos de tiempo separados han detectado la especie en años posteriores, cuando no fue detectada anteriormente o se consideraba visitante (Muñoz et al. 2007, Parra-Hernández et al. 2007, Hernández-C et al. 2015, Peña-Núñez & Claros-Morales 2016, Rosselli et al. 2017, Stiles et al. 2017). En Cali, Valle del Cauca, la especie se consideraba visitante hacia el final de la década de los 90 (Muñoz et al. 2007), pero para el 2012 se consideraba un residente de la ciudad (Hernández-C et al. 2015). En la zona periurbana de Bogotá D.C. se detectó la especie en 2014, cuando en 2001 no fue detectada (Rosselli et al. 2017), y también se volvió común en las zonas urbanas (Stiles et al. 2017). Por otra parte, un estudio preliminar en Florencia, Caquetá, detectó la especie en 2011 (Peña-Núñez & Claros-Morales 2016). En la ciudad de Ibagué, Tolima, muestreos realizados entre 2004 y 2006 registraron la especie, apuntando al registro inicialmente como extralimitar (Parra-Hernández et al. 2007). También, en el portal de eBird se evidencia el aumento de registros en varias ciudades andinas como Pereira, Risaralda, o Neiva, Huila (eBird 2019). Recientemente se ha desarrollado una hipótesis de distribución de esta especie, que incluye las expansiones de rango que han sido determinadas por el aumento de registros en nuevas áreas. Ahora se incluye una zona más amplia hacia el sur del valle del río Magdalena, el Altiplano Cundiboyacense y algunas áreas de la costa Pacífica (Ayerbe Quiñones 2018). También, se plantea que el ingreso al Valle de Aburrá se pudo dar por el norte en una ruta de dispersión desde el valle del río Magdalena (Ayerbe Quiñones 2018).

Para esta especie se han observado patrones de expansión de rango de distribución y de ocupación de áreas urbanas en otros países. En la región pampeana de Argentina, un estudio determinó la relación de los registros de *P. infuscatus* en zonas urbanas con periodos de escasez hídrica, por lo que la variabilidad climática estacional puede ser un factor que causa el desplazamiento a ambientes urbanos en busca de recursos (Acosta & Dadon 2013). En Brasil se halló que la rápida colonización del *P. infuscatus* en la región de Santa Catarina era posiblemente favorecida por la transformación del paisaje en zonas para la agricultura y cultivos; más aún, aclaran que se debe estudiar más el proceso (Piacentini et al. 2009). Esto puede relacionarse a presiones en los ecosistemas naturales que promovieron el

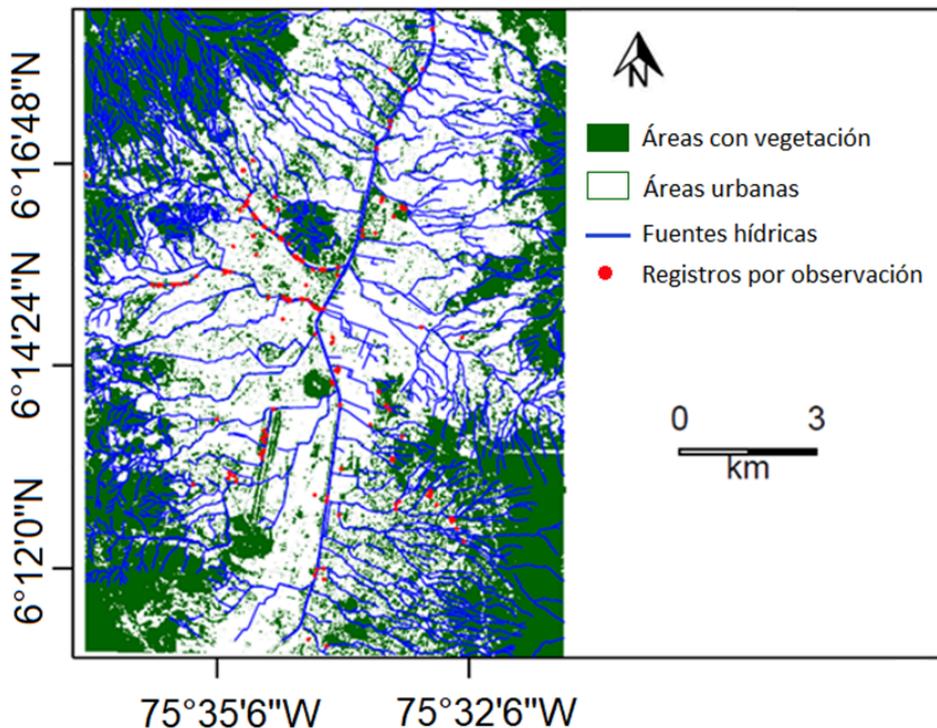


Figura 5. Distribución de registros por observación de *Phimosus infuscatus* en el centro de Medellín.

desplazamiento de *P. infuscatus* al interior del Valle de Aburrá.

Los efectos que pueden causar el desplazamiento hacia otras latitudes o altitudes de esta especie pueden estar relacionados con el cambio climático y la perturbación de los ecosistemas, como ha ocurrido en otros casos de la familia Threskiornithidae. Uno muy estudiado es el caso de *Threskiornis molucca* en Australia, donde se ha convertido en una especie colonizadora urbana exitosa, con poblaciones estables y donde se evidencia que el proceso de cambio de distribución fue estimulado por las presiones del hombre en sus ecosistemas naturales (Ross & Legoe 2006, Martin et al. 2010, McKiernan & Instone 2016). Otro caso en el sur de África ocurre con *Bostrychia hagedash*, que lleva un proceso de expansión de varios años, y también se ha adaptado a la vida en ambientes urbanizados, lo que ha sido causado por los cambios en el clima y en el uso del suelo (Duckworth et al. 2010, 2012; Ainsley et al. 2017). Para Colombia, la expansión de rango se ha evaluado en pocas ocasiones con otras especies, como *Quiscalus lugubris*, a la que se le atribuye el proceso de expansión de rango al deterioro de hábitat en el Caribe colombiano (Strewe et al. 2006).

En las actividades del *P. infuscatus* en la ciudad, se observa en mayor medida el hábito de forrajeo en números variables, desde un individuo, parejas o grupos de 3 hasta 40 individuos. Esta actividad se mantiene ininterrumpida a pesar de la cercanía humana, por lo que la especie puede presentar bajos niveles de miedo a la presencia del hombre (Møller 2008, 2009). En las ciudades se puede presentar mayor disponibilidad de comida y los individuos pueden presentar innovaciones en la alimentación y forrajeo, lo que aumenta su éxito en la colonización (Møller 2008, Diquelou et al. 2016). También se observó que las actividades de forrajeo se desarrollan en zonas verdes adyacentes a quebradas o ríos, o incluso en la ribera o aguas de las mismas, cuando el torrente está bajo o si hay estructuras donde puedan situarse. Sin embargo, la mayoría de estos afluentes presentan bajos índices de calidad de agua y alta contaminación (Corantioquia & Tecnológico de Antioquia 2011, Posada et al. 2013). A pesar de ello, se observan grupos grandes de individuos, hasta 40 en algunos casos, forrajeando en estas aguas, por lo que es necesario estudiar la implicación en la salud de los individuos, como niveles de metales pesados y alteraciones fisiológicas o reproductivas (Ditchkoff et al. 2006).

En complemento con los resultados obtenidos de los procesos de las imágenes satelitales, resaltamos que las zonas donde se ubica principalmente la especie tienen presencia de algún nivel de vegetación. Es posible que haya un sesgo relacionado a la vegetación densa, pues aunque el registro se asocia a esos niveles altos, los individuos pueden estar en el suelo en uso de las zonas verdes y el satélite solo registra los estratos superiores. Hay que destacar que, aunque Sentinel-2 tiene una muy buena resolución (10 m), no alcanza a diferenciar las corrientes que desembocan en el río Medellín, por lo que estas zonas pueden no verse reflejadas en los datos obtenidos. Se hace evidente en los histogramas de clasificación (Figura 3B–C) que no muchos datos están asociados a fuentes hídricas, pero en comparación con la imagen de Medellín (Figura 5), los registros sí poseen relación con las fuentes de agua. También, es posible que la ocupación por parte de la especie pueda tener estacionalidad, ya que, en épocas de lluvia, la corriente de las quebradas es más fuerte e impide a los individuos posarse para forrajear.

Para futuras investigaciones, es necesario, seguir el monitoreo de la especie en el territorio del Valle de Aburrá y en otras ciudades colombianas, y estudiar otros aspectos asociados a la colonización. Sugerimos probar las hipótesis de cambio climático y transformación de áreas naturales como los posibles impulsores del desplazamiento de esta especie, y confirmar las hipótesis de colonización urbana exitosa, por lo que se debe estudiar con mayor detalle las áreas y periodos de crianza, así como las tasas de reproducción, tamaños poblacionales y densidades (Møller

2009). Recomendamos estudiar zonas fijas bajo un periodo de tiempo que cubra la estacionalidad de la zona para determinar si hay cambios en el uso de hábitat y en las abundancias bajo la época seca y lluviosa. También, estudiar los patrones de movimiento por anillamiento o telemetría para determinar distancias de vuelo, actividad diaria y tamaños de rangos de hogar.

La caracterización de la dieta y preferencias alimenticias, sumado a las interacciones con otras especies, también deben ser documentadas, ya que se desconocen las presiones que puedan causar en las comunidades de invertebrados que les sirven de alimento, a qué especies nativas pueda estar desplazando, si existe competencia interespecífica con otras especies que usen fuentes de agua como *Bubulcus ibis*, una especie invasora (Arendt 1988) que fue observada en algunas localidades donde se registró *P. infuscatus*, o si existen interacciones de parasitismo, como se ha encontrado en Brasil y en Paraguay (Georgiev & Vaucher 2000, Scheer et al. 2017).

En conclusión, el *P. infuscatus* es una especie que, al parecer, ha ocupado muy rápidamente el territorio urbano del Valle de Aburrá, ha aprovechado y explotado muchas zonas para forrajeo y percha, convirtiéndose en un elemento común en la avifauna de la ciudad. Es necesario comenzar un monitoreo continuo y a largo plazo para determinar las implicaciones de esta especie en la biota local y las tendencias a futuro que pueda envolver la colonización y adaptación de esta especie en el ambiente urbano.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Dirección de Investigación e Innovación de la Universidad CES por la financiación de este proyecto bajo el código INV.022018.020. A la Red Nacional de Observadores de Aves (RNOA) por suministrar su base de datos de censos navideños. De igual manera, a las personas que participaron en los censos registrando la especie y a las que lo hicieron por medio de los portales de ciencia ciudadana, como eBird y Naturalista. Agradecemos también a Pablo Andrés Guzmán González y a Carlos Andrés Delgado Vélez por sus valiosos comentarios en el desarrollo de esta investigación. También a Lizette Irene Quan Young por sus recomendaciones en la redacción. Agradecemos a Andrés Arias Alzate por la evaluación de este proyecto y sus valiosos aportes en la mejora de este manuscrito, y a todas las personas que nos enviaron sus registros por medio de la estrategia de ciencia ciudadana.

REFERENCIAS

- Acevedo-Charry, OA, A Pinto-Gómez & JO Rangel-Ch (2014) Las Aves de la Orinoquia colombiana: una revisión de sus registros. *Colombia Diversidad Biológica* 14: 691–750.
- ACODAL (2017) *Plan de gestión integral de residuos sólidos regional PGIRS-R 2017-2030: contexto ambiental regional y sociodemográfico*. Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental: Seccional Noroccidente, Medellín, Colombia.
- Acosta, TH & JR Dadon (2013) Ambientes urbanos como refugios del Cuervillo Cara Pelada (*Phimosus infuscatus*) ante el déficit hídrico transitorio. *Nátulas Faunísticas* 126: 1–5.
- Aguilar, JM, JF Freile & BA Tinoco (2016) Rapid colonization of Ecuador by the Tropical Mockingbird (*Mimus gilvus*). *Ornitología Neotropical* 27: 155–162. <https://doi.org/10.58843/ornneo.v27i0.51>.
- Ainsley, J, LG Underhill, M López Gómez & M Brooks (2017) Bird distribution dynamics 8 - Hadedá Ibis *Bostrychia hagedash* in South Africa, Lesotho and Swaziland. *Biodiversity Observations* 8.6: 1–10.
- AMVA (2019) *Área Metropolitana del Valle de Aburrá*. Disponible en <https://www.metropol.gov.co/> [Consultado el 23 de agosto de 2019].
- Arendt, WJ (1988) Range Expansion of the Cattle Egret (*Bubulcus ibis*) in the Greater Caribbean Basin. *Colonial Waterbirds* 11: 252–262. <https://doi.org/10.2307/1521007>.

- Avendaño, JE, JO Cortés-Herrera, ER Briceño-Lara & DA Rincón-Guarín (2013) Crossing or bypassing the Andes: a commentary on recent range extensions of cis-Andean birds to the West of the Andes of Colombia. *Orinoquía* 17: 207–214. <https://doi.org/10.22579/20112629.18>.
- Ayerbe Quiñones, F (2018) *Guía ilustrada de la avifauna colombiana*. Wildlife Conservation Society, Bogotá D.C., Colombia.
- Bellard, C, C Bertelsmeier, P Leadley, W Thuiller & F Courchamp (2012) Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters* 15: 365–377. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01736.x>
- Boivin, NL, MA Zeder, DQ Fuller, A Crowther, G Larson, JM Erlandson, T Denham & MD Petraglia (2016) Ecological consequences of human niche construction: Examining long-term anthropogenic shaping of global species distributions. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113: 6388–6396. <https://doi.org/10.1073/pnas.1525200113>.
- Bonier, F, PR Martin & JC Wingfield (2007) Urban birds have broader environmental tolerance. *Biology Letters* 3: 670–673. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2007.0349>.
- Callaghan, CT, JLL Rowley, WK Cornwell, AGB Poore & RE Major (2019) Improving big citizen science data: Moving beyond haphazard sampling. *PLoS Biology* 17: e3000357. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000357>.
- Chaparro-Herrera, S, MÁ Echeverry-Galvis, S Córdoba-Córdoba & A Sua-Becerra (2013) Listado actualizado de las aves endémicas y casi-endémicas de Colombia. *Biota Colombiana* 14: 235–272.
- Chavez, PS (1988) An improved dark-object subtraction technique for atmospheric scattering correction of multispectral data. *Remote Sensing of Environment* 24: 459–479. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(88\)90019-3](https://doi.org/10.1016/0034-4257(88)90019-3).
- Congedo L (2019) *Semi-Automatic Classification Plugin. Version 6.4.0.2. From GIS to Remote Sensing*. Available at <https://fromgistors.blogspot.com/p/semi-automatic-classification-plugin.html> [Accessed 22 August 2019].
- Corantioquia & Tecnológico de Antioquia (2011) *Determinación de las condiciones de calidad y cantidad (físicoquímicas y microbiológicas) de las aguas superficiales abastecedoras y receptoras de vertimientos en las cuencas del área de influencia del sector eléctrico y calcular el ICA (índice de calidad ambiental) para cada una de ellas*. Facultad de Ciencias de la Tierra y del Ambiente, Tecnológico de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Crick, HQP (2004) The impact of climate change on birds. *Ibis* 146: 48–56. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.2004.00327.x>.
- de la Ossa V, J & A de la Ossa-Lacayo (2011) Aspectos de la densidad poblacional e historia natural de *Milvago chimachima* (AVES: Falconidae) en el área urbana de Sincelejo (Sucre, Colombia). *Universitas Scientiarum* 16: 63–69. <https://doi.org/10.11144/javeriana.SC16-1.aotp>.
- Diquelou, MC, AS Griffin & D Sol (2016) The role of motor diversity in foraging innovations: a cross-species comparison in urban birds. *Behavioral Ecology* 27: 584–591. <https://doi.org/10.1093/beheco/arv190>.
- Ditchkoff, SS, ST Saalfeld & CJ Gibson (2006) Animal behavior in urban ecosystems: Modifications due to human-induced stress. *Urban Ecosystems* 9: 5–12. <https://doi.org/10.1007/s11252-006-3262-3>.
- Duckworth, GD, R Altwegg & D Guo (2010) Soil moisture limits foraging: a possible mechanism for the range dynamics of the Hadedá Ibis in southern Africa. *Diversity and Distributions* 16: 765–772. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00683.x>.
- Duckworth, GD, R Altwegg & DM Harebottle (2012) Demography and population ecology of the Hadedá Ibis (*Bostrychia hagedash*) at its expanding range edge in South Africa. *Journal of Ornithology* 153: 421–430. <https://doi.org/10.1007/s10336-011-0758-2>.
- eBird (2019) *eBird: Una base de datos en línea para la abundancia y distribución de las aves*. eBird, Ithaca, New York, USA. Available at <http://www.ebird.org> [Accessed 23 August 2019].
- eBird Basic Dataset (2019) *Version: EBD_relSep-2019*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York, USA. Available at <https://science.ebird.org/en/use-ebird-data> [Accessed 15 de October 2019].
- Espinal T, LS (1985) Geografía ecológica del departamento de Antioquia (zonas de vida (formaciones vegetales) del departamento de Antioquia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 38: 5–106.
- European Space Agency (2019) Missions: Sentinel-2 [portal web]. Agence spatiale européenne, Paris, France. Disponible en <https://sentinel.copernicus.eu/web/sentinel/missions/sentinel-2> [Accessed 22 August 2019].
- Evans, KL, KJ Gaston, AC Frantz, M Simeoni, SP Sharp, A McGowan, DA Dawson, et al. (2009) Independent colonization of multiple urban centres by a formerly forest specialist bird species. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276: 2403–2410. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.1712>.
- Evans, KL, BJ Hatchwell, M Parnell & KJ Gaston (2010) A conceptual framework for the colonisation of urban areas: the blackbird *Turdus merula* as a case study. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 85: 643–667. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2010.00121.x>.
- Furness, RW & JJD Greenwood (1993) *Birds as monitors of environmental change*. Springer, Boston, Massachusetts, USA. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-1322-7>.
- GBIF (2019) *GBIF: The Global Biodiversity Information Facility*. GBIF Secretariat, Copenhagen, Denmark. Available at <https://www.gbif.org/> [Accessed 15 September 2019].
- Georgiev, BB & C Vaucher (2000) *Chimaerula bonai* sp. n. (Cestoda: Dilepididae) from the bare-faced ibis, *Phimosus infuscatus* (Lichtenstein) (Aves: Threskiornithidae) in Paraguay. *Folia Parasitologica* 47: 303–308. <https://doi.org/10.14411/fp.2000.052>.
- Google (2019) *Mapa del Valle de Aburrá, Colombia en Google maps*. Available at <http://tiny.cc/21q5tz> [Accessed 1 January 2019].
- Hernández-C, O, V Cardona-B & P Montoya-V (2015) Riqueza de especies de aves en el campus de la Universidad del Valle, once años después. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 7: 25–34. <https://doi.org/10.24188/recia.v7.n1.2015.419>.
- Hijmans, RJ (2019) Raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 2.8-19. Available at <https://CRAN.R-project.org/package=raster> [Accessed 15 September 2019].
- Hilty, SL, WL Brown & B Brown (1986) *A Guide to the Birds of Colombia*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- iNaturalist.org (2019) *iNaturalist Research-grade Observations*. Occurrence dataset. Available at <https://doi.org/10.15468/ab3s5x> [Accessed 15 September 2019].
- Jetz, W, DS Wilcove & AP Dobson (2007) Projected impacts of climate and land-use change on the global diversity of birds. *PLoS Biology* 5: e157. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0050157>.
- Johnston, A, WM Hochachka, ME Strimas-Mackey, V Ruiz Gutierrez, OJ Robinson, ET Miller, T Auer, et al. (2021) Analytical guidelines to increase the value of community science data: An example using eBird data to estimate species distributions. *Diversity and Distributions* 27: 1265–1277. <https://doi.org/10.1111/ddi.13271>.
- Kahle D & H Wickman (2013) ggmap: Spatial Visualization with ggplot2. *The R Journal* 5: 144–161. <https://doi.org/10.32614/RJ-2013-014>.
- Martin, J, K French & R Major (2010) Population and breeding trends of an urban coloniser: the Australian white ibis. *Wildlife Research* 37: 230–239. <https://doi.org/10.1071/WR10047>.
- Marzluff, JM (2005) Island biogeography for an urbanizing world: how extinction and colonization may determine biological diversity in human-dominated landscapes. *Urban Ecosystems* 8: 157–177. <https://doi.org/10.1007/s11252-005-4378-6>.
- Matamala, M, A Echeverri, I Medina, EN Salazar Gómez, V Alarcón & CD Cadena (2012) Bare-faced Ibis (*Phimosus infuscatus*), versión 1.0 en Schulenberg TS (ed). *Neotropical Birds Online*. Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, New York, USA. Available at <https://neotropical.birds.cornell.edu/Species-Account/nb/species/bafibi1/overview> [Accessed 23 August 2019].
- McKiernan, S & L Instone (2016) From pest to partner: rethinking the Australian White Ibis in the more-than-human city. *Cultural Geographies* 23: 475–494. <https://doi.org/10.1177/1474474015609159>.
- Møller, AP (2008) Flight distance of urban birds, predation, and selection

- for urban life. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 63: 63–75. <https://doi.org/10.1007/s00265-008-0636-y>.
- Møller, AP (2009) Successful city dwellers: a comparative study of the ecological characteristics of urban birds in the Western Palearctic. *Oecologia* 159: 849–858. <https://doi.org/10.1007/s00442-008-1259-8>.
- Morales-Rozo A & JL Parra (2018) Colección de Aves Museo Universitario de la Universidad de Antioquia. Version 3.1. Universidad de Antioquia. Available at <https://doi.org/10.15472/jz7pwv> [Accessed 15 September 2019].
- Morrison, ML (1986) Bird populations as indicators of environmental change. Pp. 429–451 in Johnston, RF (ed). *Current Ornithology. Volume 3*. Springer, Boston, Massachusetts, USA. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6784-4_10.
- Muñoz, MC, K Fierro-Calderón & HF Rivera-Gutierrez (2007) Las aves del campus de la Universidad Del Valle, una isla verde urbana en Cali, Colombia. *Ornitología Colombiana* 5: 5–20. <https://doi.org/10.59517/oc.e492>.
- NASA Earth Observatory (2019) Measuring Vegetation (NDVI & EVI). National Aeronautics and Space Administration Washington, D.C., USA. Available at <https://earthobservatory.nasa.gov/features/MeasuringVegetation> [Accessed 22 August 2019].
- Nichols, JD, T Boulinier, JE Hines, KH Pollock & JR Sauer (1998) Estimating rates of local species extinction, colonization, and turnover in animal communities. *Ecological Applications* 8: 1213–1225. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1998\)008\[1213:EROLSE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1998)008[1213:EROLSE]2.0.CO;2).
- Parra-Hernández, RM, DA Carantón-Ayala, JS Sanabria-Mejía, LF Barrera-Rodríguez, AM Sierra-Sierra, MC Moreno-Palacios, WS Yate-Molina, et al. (2007) Aves del municipio de Ibagué - Tolima, Colombia. *Biota Colombiana* 8: 199–220.
- Peña-Núñez, JL & AF Claros-Morales (2016) Estudio preliminar de la avifauna en el campus de la Universidad de la Amazonia, en Florencia, Caquetá, Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical* 6: 85–92. <https://doi.org/10.18636/bioneotropical.v6i1.352>.
- Piacentini, V de Q, IR Ghizoni-Jr, MA G de Azevedo, E Carrano, CA Borchardt-Jr, JF Amorim & AV Grose (2009) Ocorrência, expansão e distribuição do maçarico-de-cara-pelada *Phimosus infuscatus* (Lichtenstein, 1823) (Ciconiiformes: Threskiornithidae) no Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. *Revista Brasileira de Ornitologia* 17: 107–112.
- Posada, E, D Mojica, N Pino, C Bustamante & A Monzón Pineda (2013) Establecimiento de índices de calidad ambiental de ríos con bases en el comportamiento del oxígeno disuelto y de la temperatura. Aplicación al caso del Río Medellín, en el Valle de Aburrá en Colombia. *DYNA* 80: 192–200.
- QGIS Development Team (2019) *QGIS Geographic Information System*. Version 3.6.3. Open Source Geospatial Foundation Project, Beaverton, Oregon, USA. Available at <https://qgis.org/es/site/> [Accessed 22 August 2019].
- R Core Team (2013) *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available at <http://www.R-project.org/> [Accessed 22 August 2019].
- Red Nacional de Observadores de Aves (RNOA) (2018). DATAVES. Version 7.1. Occurrence dataset. Available at <https://doi.org/10.15472/iqnpse> [Accessed 15 September 2019].
- Red Nacional de Observadores de Aves (RNOA) (2019) Conteo Navideño de Aves: formato de entrega de datos. Available at <https://www.rnoacolombia.org/> [Accessed 15 de October 2019].
- Ross, GA & C Legoe (2006) *Management of Australian White Ibis in the Sydney Region*. Ibis Management Conference. John Flynn Hospital, Gold Coast, Queensland, Australia.
- Rosselli, L, S De La Zerda & J Candil (2017) Cambios en la avifauna de un relicto de bosque en la franja periurbana de Bogotá a lo largo de catorce años. *Acta Biológica Colombiana* 22: 181–190. <https://doi.org/10.15446/abc.v22n2.60688>.
- Rutz, C (2008) The establishment of an urban bird population. *Journal of Animal Ecology* 77: 1008–1019. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2008.01420.x>.
- Scheer, S, MR Pegoraro Macedo, M Pereira Soares, C Costa Schramm & G Muller (2017) Pathology and morphometry of *Hystrix acanthocephalicus* (Nematoda) from *Phimosus infuscatus* (Pelecaniformes) in southern Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária* 26: 34–38. <https://doi.org/10.1590/s1984-29612016089>.
- Schollmeyer, M (2015) *GPS Essentials*. Versión 4.3.17. Available at <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.mictale.gpsessentials> [Accessed 16 July 2019].
- Şekerciöğlü, ÇH, RB Primack & J Wormworth (2012) The effects of climate change on tropical birds. *Biological Conservation* 148: 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.10.019>.
- SiB Colombia (2019) *SiB Colombia: Sistema de Información de Biodiversidad de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá D.C., Colombia. Available at <https://sibcolombia.net/> [Accessed 15 September 2019].
- Stiles, FG, L Rosselli & S De La Zerda (2017) Changes over 26 years in the avifauna of the Bogotá region, Colombia: has climate change become important? *Frontiers in Ecology and Evolution* 5: e58. <https://doi.org/10.3389/fevo.2017.00058>.
- Strewe, R, C Villa-De León, G Lobatón, A Morales Rozo & F Ayerbe Quiñones (2006) Ampliación del rango de distribución del Chango Llanero *Quiscalus lugubris* (Icteridae) en Colombia. *Revista Intrópica* 3: 109–112.
- Sullivan, BL, CL Wood, MJ Illiff, RE 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>.
- USGS (2019) USGS mobile application. United States Geological Survey, Reston, Virginia, USA. Available at <https://earthexplorer.usgs.gov/> [Accessed 16 August 2019].
- Van der Putten, WH, M Macel & ME Visser (2010) Predicting species distribution and abundance responses to climate change: why it is essential to include biotic interactions across trophic levels. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 365: 2025–2034. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0037>.
- Weber, WH, T Cuadros & Sociedad Antioqueña de Ornitología (1999) *Aves del Valle de Aburrá*. 1ra ed. Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Medellín, Colombia.
- Weber, WH, T Cuadros & Sociedad Antioqueña de Ornitología (2004) *Aves del Valle de Aburrá*. 2da ed. Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Medellín, Colombia.
- Wickman H (2016) *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York, USA. Available at <https://ggplot2.tidyverse.org> [Accessed 15 September 2019].
- Young, KR (2009) Andean land use and biodiversity: Humanized landscapes in a time of change. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 96: 492–507. <https://doi.org/10.3417/2008035>.
- Zamudio, J (2018) *El Censo Neotropical de Aves Acuáticas en Colombia (CNAA): 2002 - 2011*. Version 18.2. Red Nacional de Observadores de Aves (RNOA). Available at <https://doi.org/10.15472/rcitk5> [Accessed 15 September 2019].
- Zurc, D & A Bustca (2018). *Colección de Ornitología - Museo de Ciencias Naturales de La Salle*. Version 3.2. Instituto Tecnológico Metropolitano. Available at <https://doi.org/10.15472/cjxwuz> [Accessed 15 September 2019].