Revista Científica del AMAZONAS

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Original Article *Volumen 9, Número 18/Julio-diciembre 2026*

Diversidad de aves y su potencial para la educación ambiental en un humedal urbano amazónico de Colombia

Bird diversity and its potential for environmental education in an urban wetland of the Colombian amazon

Liliana Varón Trujillo[1], **Magda Julissa Rojas-Bahamón**[2], **Andrea Cifenia Galindo Olcunche**[3], **Emmy Johanna Cruz Trujillo**[4]

Doctora (C) en Educación y Cultura Ambiental, Magíster en Educación, especialista en Proyectos de Desarrollo. Docente IE Jorge Eliécer Gaitán, Florencia, Caquetá, Colombia.[1]
Posdoctora en Educación, Doctora en Educación y Cultura Ambiental, Magister en Ciencias de la Educación, especialista en Pedagogía. Docente IE Jorge Eliécer Gaitán, Florencia, Caquetá, Colombia.[2]
Bióloga, Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá, Colombia.[3]
Doctora (C) en Ciencias Naturales y Desarrollo Sustentable, Magister en Ciencias - Biología, Bióloga. Profesora Universidad de la Amazonia, Florencia, Caquetá, Colombia.[4]

ISSN 2619-2608
DOI: https://doi.org/10.34069/RA/2026.18.02
Cómo citar:
Varón Trujillo, L., Rojas-Bahamón, M.J., Galindo Olcunche, A.C., & Cruz Trujillo, E.J. (2026). Diversidad de aves y su potencial para la educación ambiental en un humedal urbano amazónico de Colombia. *Revista Científica Del Amazonas, 9*(18), 21–45. https://doi.org/10.34069/RA/2026.18.02

Recibido: 16 de junio de 2026
Aceptado: 12 de septiembre de 2026

Open Acces

Resumen

La urbanización sobre los humedales tropicales evidencia una intensa presión antrópica que degrada la calidad del hábitat y afecta la diversidad de la avifauna. Este estudio caracterizó la comunidad de aves del Humedal Bruselas Cananguchal (HBC), un humedal urbano de Florencia, Caquetá, Amazonia colombiana, a partir de sus rasgos funcionales, y evaluó una estrategia de educación ambiental basada en Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) con la comunidad infantil aledaña. Entre julio y agosto de 2023 se realizaron 240 horas de trabajo de campo en seis sitios de muestreo, de las cuales 80 horas correspondieron a conteos estandarizados en puntos de radio fijo. Se registraron 9336 individuos de 129 especies, 39 familias y 19 órdenes, con predominio de invertívoros y omnívoros. El Punto 6 presentó la mayor riqueza funcional (FRic = 0.8579), mientras que el Punto 1 registró los mayores valores de equidad (FEve = 0.5312) y divergencia funcional (FDiv = 0.9367), lo que resaltó la importancia de la heterogeneidad del hábitat. La estrategia pedagógica se desarrolló en ocho encuentros con 22 niños e integró avistamiento de aves, investigación dirigida y juego educativo. La comparación cualitativa entre las evaluaciones inicial y final mostró cambios favorables en la apropiación del conocimiento sobre la ecología funcional de las aves y su relación con la conservación del humedal. Los resultados destacan el valor del HBC como refugio de biodiversidad urbana y como escenario con potencial para la apropiación social del conocimiento ecológico.

Palabras clave: Amazonia; avifauna; conservación comunitaria; diversidad funcional; educación ambiental; humedal urbano.

Abstract

Urbanization of tropical wetlands reflects intense anthropogenic pressure that degrades habitat quality and affects avian diversity. This study characterized the bird community of the Bruselas Cananguchal Wetland (HBC), an urban wetland in Florencia, Caquetá, in the Colombian Amazon, based on its functional traits, and evaluated an environmental education strategy based on Problem-Based Learning (PBL) with the neighboring children's community. Between July and August 2023, 240 hours of fieldwork were conducted across six sampling sites, of which 80 hours corresponded to standardized

Este artículo no presenta ningún conflicto de intereses. Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Se permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, así como la creación de obras derivadas, siempre que se cite la fuente original.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

fixed-radius point counts. A total of 9,336 individuals representing 129 species, 39 families, and 19 orders were recorded, with a predominance of invertivores and omnivores. Point 6 showed the highest functional richness (FRic= 0.8579), whereas Point 1 recorded the highest values of functional evenness (FEve=0.5312) and functional divergence (FDiv=0.9367), highlighting the importance of habitat heterogeneity. The pedagogical strategy was implemented through eight sessions with 22 children and integrated birdwatching, guided research, and educational games. The qualitative comparison between the initial and final assessments showed favorable changes in the appropriation of knowledge about bird functional ecology and its relationship with wetland conservation. The results highlight the value of the HBC as an urban biodiversity refuge and as a setting with potential for the social appropriation of ecological knowledge.

Keywords: Amazon; avifauna; community-based conservation; environmental education; functional diversity; urban wetland.

Introducción

La configuración actual de la crisis global de biodiversidad, entendida como el resultado acumulado de las transformaciones del territorio impulsadas por el modelo de expansión urbana, sitúa a los países megadiversos del trópico en una posición de particular vulnerabilidad. En este contexto, Colombia es reconocido como el país con mayor diversidad de aves del mundo, con cifras que oscilan entre 1934 y 1966 especies confirmadas según la fuente consultada, de las cuales entre 82 y 84 corresponden a especies endémicas y entre 140 y 158 a especies migratorias (Donegan et al., 2018). De acuerdo con la literatura especializada, esta riqueza constituye el producto de la diversidad de ecosistemas presentes en el territorio nacional, la cual se extiende desde los bosques húmedos tropicales hasta los páramos, las sabanas, los desiertos y las zonas costeras. Sin embargo, cabe resaltar que este patrimonio biológico enfrenta presiones crecientes derivadas de la expansión urbana, puesto que dicho proceso transforma el paisaje en un mosaico de coberturas que conlleva una reducción de la calidad de los hábitats disponibles para la fauna silvestre (Andrade & Castro, 2012; Hernández, 2019).

En ese orden de ideas, las aves constituyen un grupo particularmente sensible a estas transformaciones. Es decir, su abundancia, su riqueza, su reproducción y sus patrones de movimiento se ven alterados por la modificación drástica del hábitat asociada a la urbanización (Muñoz Varela et al., 2018), lo cual repercute, a su vez, en procesos ecosistémicos como la polinización, la dispersión de semillas y el control de plagas, funciones en las que la avifauna desempeña un papel central (Baquero & Cuéllar, 2021; Curipaco, 2021). En ese sentido, y por su sensibilidad diferencial a la perturbación, las aves son empleadas, además, como indicadores biológicos de la calidad y la estructura de los ecosistemas, tanto en ambientes naturales como urbanos (Grilli, 2018; Salas-Correa & Mancera-Rodríguez, 2020; Cuevas, 2022). Si bien esta condición no garantiza por sí sola una lectura integral de la degradación ambiental, sí contribuye, sin embargo, a que el monitoreo de la avifauna se consolide como una herramienta clave para la evaluación y la gestión de los territorios sometidos a la presión urbana.

Entre los ecosistemas más vulnerables a la expansión urbana se encuentran los humedales, hábitats que, además de albergar una alta diversidad de aves acuáticas y terrestres, prestan servicios ecosistémicos esenciales, tales como la regulación hídrica, el control de inundaciones y el almacenamiento de carbono —se estima que los humedales retienen alrededor del 40 % del carbono generado en el planeta (Flórez Yepes, 2015; Lillo Rodríguez, 2019; Ortiz et al., 2022)—. De acuerdo con la normatividad vigente, la Ley 99 de 1993, la Ley 357 de 1997 y la Política Nacional para Humedales Interiores de 2002 se establece en Colombia un marco orientado a la conservación de estos ecosistemas (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2011). Ahora bien, aunque dicho marco normativo resulta formalmente robusto, es evidente que persisten amenazas como la contaminación por vertimientos, la sobreexplotación de recursos y la expansión urbana descontrolada, asociadas a la falta de planificación territorial (Novoa et al., 2020), que conducen a la pérdida y a la fragmentación de los hábitats (Cosentino & Schooley, 2018; Merizalde, 2020). Esto conlleva a determinar que la brecha existente entre la protección jurídica declarada y la gestión efectiva del territorio recae, de manera desproporcionada, sobre las comunidades que habitan en la periferia de estos ecosistemas, configurándose así una divergencia sostenida entre el discurso normativo y la realidad socioambiental que dicho discurso pretende regular.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

A escala local, se ha podido identificar que el municipio de Florencia (Caquetá) alberga una alta diversidad de avifauna, con 143 especies registradas para el área urbana y periurbana. En ese orden de ideas, los estudios realizados en distintos sectores del municipio permiten establecer que la composición y la riqueza de las comunidades de aves responden a la heterogeneidad de los hábitats y al grado de intervención antrópica (Peña-Núñez et al., 2017; Rico-Silva et al., 2021), lo cual resalta la necesidad de evaluar no solo la diversidad taxonómica, sino también la diversidad funcional, en tanto indicador del estado ecológico de estos ecosistemas.

Cabe resaltar que la principal amenaza para los humedales de la ciudad continúa siendo la expansión urbana, en la medida en que esta favorece la deforestación de las áreas circundantes con fines de construcción de vivienda, situación que se ve agravada, a su vez, por la deficiente gestión de las aguas residuales del sistema de alcantarillado municipal (Perdomo Perafan & Álvarez Guayara, 2022). De esta manera, se evidencia que, si bien existe un cuerpo normativo orientado a la conservación de dichos humedales, este no logra traducirse en mecanismos efectivos de contención frente a las dinámicas de urbanización, lo que hace necesario avanzar hacia estrategias de gestión territorial que articulen la protección jurídica con la participación activa de las comunidades periféricas en el monitoreo y cuidado de estos ecosistemas.

Frente a este escenario, la educación ambiental se ha consolidado como una estrategia clave para la formación de una ciudadanía responsable con la conservación de la biodiversidad (Gárate et al., 2020; Villanueva Blas et al., 2020), de manera particular cuando vincula el conocimiento ecológico funcional —es decir, la comprensión de los roles que cada especie desempeña en el ecosistema— con la apropiación comunitaria del territorio. Por otra parte, el estudio de los grupos y rasgos funcionales de las aves permite trascender el inventario taxonómico, en tanto ofrece información sobre la manera en que la comunidad aviar responde a la heterogeneidad del hábitat y a las perturbaciones antrópicas (Luza et al., 2023; Mayani-Parás et al., 2023), y constituye, además, una base conceptual accesible para los procesos de enseñanza sustentados en la observación directa de la naturaleza.

En ese sentido, la presente investigación tuvo como objetivo caracterizar la comunidad de aves del Humedal Bruselas Cananguchal (HBC), ubicado en la urbanización campestre Bruselas de Florencia (Caquetá), a partir de sus grupos y rasgos funcionales y de su diversidad funcional, así como evaluar la implementación de una estrategia pedagógica de educación ambiental basada en el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) dirigida a la comunidad infantil local. De esta manera, se plantearon los siguientes objetivos específicos: 1) determinar los grupos funcionales de las aves asociadas al HBC; 2) analizar la diversidad funcional de la avifauna del humedal; y 3) implementar una herramienta pedagógica orientada a fortalecer el conocimiento de la ecología funcional de las aves en la comunidad de Bruselas.

Materiales y métodos

Área de estudio

La investigación se desarrolló en el Humedal Bruselas Cananguchal (HBC), ubicado al sureste del municipio de Florencia, departamento del Caquetá, Colombia (1°35'36.26"N 75°35'01.23"W). El humedal cuenta con un área aproximada de 2658,88 m², se localiza a 259 m s. n. m. y presenta un clima tropical, con una temperatura del suelo comprendida entre 23,8 y 25 °C y un sustrato compuesto por arcilla y material orgánico. El relieve corresponde a una llanura con hábitats en mosaico, cuya cobertura se distribuye en aproximadamente un 20% de hojarasca, un 20% de espejo de agua y un 60% de vegetación (Rojas-Bahamón et al., 2021). Cabe resaltar que el humedal recibe una intervención antrópica considerable, expresada en la construcción de viviendas, la crianza de cerdos, la caza de fauna silvestre y el vertimiento de aguas residuales.

Para efectos del muestreo, el HBC se dividió en seis puntos distribuidos a 250 m de distancia entre sí, con lo cual se garantizó la cobertura completa del área de estudio y se evitó el doble conteo de individuos (Tabla 1). De esta manera, cada punto presentó condiciones particulares de cobertura vegetal y grado de urbanización: el Punto 1 correspondió a un humedal urbano con vegetación secundaria en sucesión y moderada urbanización; el Punto 2, a un humedal en proceso de restauración dominado por especies pioneras; el Punto 3, a un humedal mixto con

Este artículo no presenta ningún conflicto de intereses. Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Se permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, así como la creación de obras derivadas, siempre que se cite la fuente original.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

vegetación acuática y arbórea dominado por *Mauritia flexuosa*; el Punto 4, a un humedal con baja cobertura vegetal y alta urbanización; el Punto 5, a un humedal con cobertura arbórea y vegetación acuática moderada; y el Punto 6, a un humedal con cobertura arbórea similar al anterior, aunque sometido a alta urbanización (Blair, 1996; Marzluff, 2001).



Figura 1. Distribución espacial de los seis puntos de muestreo a lo largo del Humedal Bruselas Cananguchal, Florencia-Caquetá. Fuente: Google Earth. Adaptado por las autoras.

Tabla 1.

Caracterización general de los seis puntos de muestreo establecidos en el Humedal Bruselas Cananguchal, Florencia-Caquetá.

Punto	Tipo de hábitat	Descripción general
1	Vegetación secundaria en sucesión; moderada urbanización	Cercano al cuerpo de agua. Estrato arbóreo (10-15 m) dominado por *Cupania cinerea*, *Andira inermis* y *Guarea guidonia*; sotobosque con *Vismia baccifera* y *Senna reticulata*.
2	Restauración con especies pioneras; moderada urbanización	Dominancia de especies pioneras (*Senna reticulata*, *Cecropia* spp.) que fijan nitrógeno y promueven la sucesión; presencia de cultivos de *Mangifera indica* y *Citrus reticulata*.
3	Vegetación acuática y arbórea; moderada urbanización	Dominancia de *Mauritia flexuosa* (cananguchal) y familia Araceae; sustrato de suelos inundables.
4	Baja vegetación; alta urbanización	Mosaico de familias vegetales (Rutaceae, Fabaceae, Arecaceae, entre otras) con plantaciones frutales (*Citrus limón*) cultivadas por la comunidad.
5	Cobertura arbórea y vegetación acuática moderada; moderada urbanización	Vegetación asociada al cuerpo de agua (*Zygia longifolia*, *Guadua angustifolia*); especies introducidas de Arecaceae con fines ornamentales.
6	Cobertura arbórea y vegetación acuática moderada; alta urbanización	Zonas transformadas por intervención antrópica; influencia de la quebrada San Joaquín; presencia de *Guarea guidonia* y *Persea americana* cultivada.

Fuente: adaptado de Rojas-Bahamón et al. (2021) y datos de campo.

https://revistadelamazonas.info/index.php/amazonas ISSN 2619-2608

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Método de campo

El levantamiento de la información primaria se realizó mediante el método de conteos en puntos con radio fijo de 25 m (González-García, 2011). En cada punto se establecieron periodos estandarizados de conteo de 10 minutos, manteniendo una separación aproximada de 250 m entre estaciones con el propósito de reducir la probabilidad de doble conteo de individuos (Ralph et al., 1996). El muestreo se desarrolló entre el 3 de julio y el 25 de agosto de 2023, de lunes a viernes, durante 40 días. Cada jornada comprendió seis horas de trabajo de campo, distribuidas en dos franjas de observación: de 5:00 a 8:00 h y de 15:00 a 18:00 h, para un tiempo total de permanencia en campo de 240 horas. Dentro de estas jornadas se realizaron conteos estandarizados de 10 minutos en cada uno de los seis puntos de muestreo durante las dos franjas diarias, lo que correspondió a un esfuerzo efectivo de conteo de 80 horas. El tiempo restante comprendió los desplazamientos entre puntos y los registros visuales, auditivos y fotográficos complementarios de la avifauna. Entre las 5:00 y las 6:00 h, los registros fueron principalmente auditivos debido a las condiciones de baja luminosidad.

Para la observación de los individuos se emplearon binoculares Bushnell H2O 10 × 42 y, para el registro fotográfico, una cámara Nikon D3200 con lente Nikon 55-300 mm. De acuerdo con las guías especializadas consultadas, se tiene que la identificación taxonómica se apoyó en la Guía de las aves de Colombia (Hilty & Brown, 2001) y en la Guía ilustrada de la avifauna colombiana, tercera edición (Ayerbe, 2022), apoyo que fue complementado, además, mediante el uso de las aplicaciones Merlin Bird ID, eBird y Wiki Aves Colombia, cuya información fue objeto de corroboración en campo por parte de una especialista. La clasificación taxonómica siguió los criterios establecidos por Remsen et al. (2024), en articulación con la actualización del listado oficial de aves de Colombia (Echeverry-Galvis et al., 2023), de manera que se garantizara la correspondencia de los registros obtenidos con los estándares nomenclaturales vigentes para el país.

Grupos y rasgos funcionales

Los grupos funcionales se definieron como conjuntos de especies que, con independencia de su posición taxonómica, desempeñan funciones ecológicas similares dentro del ecosistema (Alviz & Albarracín, 2019; Luza et al., 2023; Rincón-Parra, 2018;). En ese orden de ideas, a cada especie registrada se le asignaron atributos correspondientes a seis rasgos de historia de vida, siguiendo el protocolo de López-Ordoñez et al. (2015) y Mayani-Parás et al. (2023): dieta (carnívoro, carroñero, folívoro, frugívoro, granívoro, invertívoro, vertívoro acuático, nectarívoro, omnívoro), estrategia de forrajeo (rebuscador, atrapador, escarbador, robador), locomoción (semiacuático, terrestre, semiarbóreo, arbóreo, vuelo), tipo de anidamiento (colonial, individual), comportamiento social (bandada monoespecífica, bandada mixta, congregatorio, solitario) y estatus migratorio (migración altitudinal, migración local, migración continental, residente). La asignación se basó en información secundaria proveniente de las guías de campo mencionadas.

Diversidad funcional

Dado que la diversidad funcional no puede resumirse en un único índice (Córdova-Tapia & Zambrano, 2015; Villéger et al., 2010), se calcularon tres índices complementarios para cada punto de muestreo: la Riqueza Funcional (FRic), que cuantifica la amplitud del espacio funcional ocupado por las especies de la comunidad; la Equidad Funcional (FEve), que expresa qué tan regularmente se distribuyen las abundancias de las especies dentro de dicho espacio funcional; y la Divergencia Funcional (FDiv), que indica el grado en que las especies más abundantes se encuentran alejadas del centro del espacio funcional (Villéger et al., 2010). Los índices FEve y FDiv presentan valores comprendidos entre 0 y 1, mientras que FRic depende de la extensión del espacio funcional definido por los rasgos considerados (Córdova-Tapia & Zambrano, 2015; Villéger et al., 2010). Los cálculos de diversidad funcional se realizaron mediante el programa R, con apoyo en el paquete *FD* 1.0-12.3 (Laliberté et al., 2026). De manera complementaria, el análisis multivariado de componentes principales (PCA) y el análisis de clústers se efectuaron mediante los paquetes *FactoMineR* (Lê et al., 2008) y *Factoextra*, con el propósito de explorar los patrones de diferenciación entre los puntos de muestreo y las asociaciones presentes en los datos.

Este artículo no presenta ningún conflicto de intereses. Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Se permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, así como la creación de obras derivadas, siempre que se cite la fuente original.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Diversidad taxonómica

De manera complementaria a los índices de diversidad funcional, se estimó la diversidad taxonómica de la comunidad de aves en cada punto de muestreo mediante los índices de Shannon (H') y Simpson. El índice de Shannon se utilizó para representar conjuntamente la riqueza de especies y la distribución de sus abundancias, mientras que el índice de Simpson permitió estimar el grado de dominancia o equidad de la comunidad. Estos índices se utilizaron como referencia para contrastar los patrones de diversidad taxonómica con los resultados obtenidos para la diversidad funcional.

Estrategia pedagógica de educación ambiental

La estrategia pedagógica se fundamentó en el enfoque de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y se estructuró en siete etapas, de acuerdo con la propuesta de Exley y Dennick (2007): 1) introducción del problema; 2) identificación del conocimiento previo; 3) definición del problema; 4) investigación y recopilación de datos; 5) análisis y síntesis de la información; 6) generación de soluciones y propuestas; y 7) aplicación y evaluación. Previamente se incorporó una sesión inicial, denominada "etapa cero", orientada a generar motivación y favorecer el primer acercamiento de los participantes a la temática. En consecuencia, el proceso pedagógico comprendió ocho encuentros en total: una sesión preliminar de motivación y las siete etapas correspondientes al ABP.

La evaluación del proceso pedagógico tuvo un carácter descriptivo y cualitativo. Las respuestas obtenidas en la entrevista inicial se contrastaron con las registradas al finalizar la estrategia, considerando los cambios observados en el reconocimiento de las aves del humedal, la comprensión de sus funciones ecológicas, la identificación de problemáticas ambientales y la formulación de posibles acciones de conservación. Debido a la heterogeneidad etaria y a las diferencias en las habilidades de lectoescritura de los participantes, no se asignaron puntuaciones estandarizadas ni se realizaron pruebas estadísticas de comparación pretest-postest. Por esta razón, los resultados de este componente se interpretaron como evidencias cualitativas de aprendizaje y apropiación del conocimiento y no como una medición cuantitativa de la efectividad de la intervención.

La población objetivo correspondió a los niños residentes de la urbanización campestre Bruselas (UCB), convocados mediante invitación abierta a las familias del barrio con el respaldo de la Junta de Acción Comunal (JAC). Cabe resaltar que la participación se formalizó mediante consentimiento informado firmado por las familias. Si bien el rango de edad previsto inicialmente fue de 8 a 12 años, sin embargo el grupo final, compuesto por 22 participantes, incluyó a ocho niños fuera de ese rango (entre 3 y 7 años), lo cual exigió adaptar las actividades a un grupo etario heterogéneo. Para la evaluación del conocimiento se utilizó inicialmente un cuestionario escrito, que se sustituyó por una entrevista oral al constatarse dificultades de lectoescritura en parte del grupo; la misma estructura de entrevista se aplicó al final del proceso como evaluación de cierre.

Resultados

Composición de la comunidad de aves

En los seis puntos de muestreo del HBC se registraron 9336 individuos pertenecientes a 129 especies, distribuidas en 39 familias y 19 órdenes (Tabla 2). De esta manera, el orden Passeriformes agrupó el mayor número de especies, seguido por Psittaciformes, Piciformes y Pelecaniformes, patrón consistente con la composición de la avifauna reportada para otras zonas urbanas de Florencia (Peña-Núñez et al., 2017; Rico-Silva et al., 2021). Las especies *Tyrannus melancholicus*, *Ortalis guttata*, *Vanellus chilensis* y *Sicalis flaveola* resultaron predominantes durante las horas de baja luminosidad (5:00-6:00 h), mientras que el número de registros aumentó de manera sustancial a partir de las 6:00 h, en coincidencia con el incremento de la temperatura y de la luminosidad.

Cabe resaltar que los Puntos 2 y 4 presentaron el mayor número de especies (84 y 85, respectivamente), lo cual se atribuyó a la combinación de coberturas que generan un mosaico de hábitats, producto de los procesos de restauración con especies pioneras y de cultivo (Gutiérrez-Pineda & Méndez-Carvajal, 2021). En contraste, la

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

mayor abundancia de individuos se registró en el Punto 6, con 2223 registros, asociada a la dominancia de vegetación introducida y a la presencia del espejo de agua de la quebrada San Joaquín (Tabla 3).

Tabla 2.

Resumen taxonómico de la avifauna registrada en el Humedal Bruselas Cananguchal.

Categoría	Valor
Total de registros (individuos)	9336
Número de especies	129
Número de familias	39
Número de órdenes	19
Puntos de muestreo	6
Tiempo total de trabajo de campo	240 horas / 40 días
Esfuerzo efectivo de conteos estandarizados	80 horas

Tabla 3.

Riqueza, abundancia e índices de diversidad funcional por punto de muestreo en el Humedal Bruselas Cananguchal.

Variable	P1	P2	P3	P4	P5	P6
N.° de especies	65	84	78	85	69	80
N.° de individuos	1836	1580	959	1222	1516	2223
Riqueza funcional (FRic)	0.7024	0.7267	0.3608	0.7622	0.4439	0.8579
Equidad funcional (FEve)	0.5312	0.4867	0.5125	0.4956	0.4787	0.4582
Divergencia funcional (FDiv)	0.9367	0.8042	0.8270	0.7939	0.8964	0.8797

Nota: las celdas resaltadas indican el valor más alto para cada índice. P1-P6 = puntos de muestreo 1 a 6.

Estructura multivariada de los puntos de muestreo

El análisis de componentes principales (PCA), realizado a partir de la matriz de abundancia de las especies registradas en los seis puntos de muestreo, mostró una diferenciación espacial de los sitios en dos dimensiones principales que explicaron conjuntamente el 50,11 % de la variabilidad total. La Dimensión 1 (eje X) representó el 26,22 % y agrupó a los Puntos 1, 3, 5 y 6 en valores negativos, mientras que la Dimensión 2 (eje Y) representó el 23,89 % y ubicó a los Puntos 2 y 4 en el cuadrante superior (Figura 2). En ese sentido, el análisis de clústers complementó este patrón de diferenciación, en tanto identificó tres grupos: un clúster conformado únicamente por el Punto 4, otro por el Punto 2, y un tercer clúster que agrupó a los Puntos 1, 3, 5 y 6 (Figura 3)

Este artículo no presenta ningún conflicto de intereses. Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Se permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, así como la creación de obras derivadas, siempre que se cite la fuente original.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

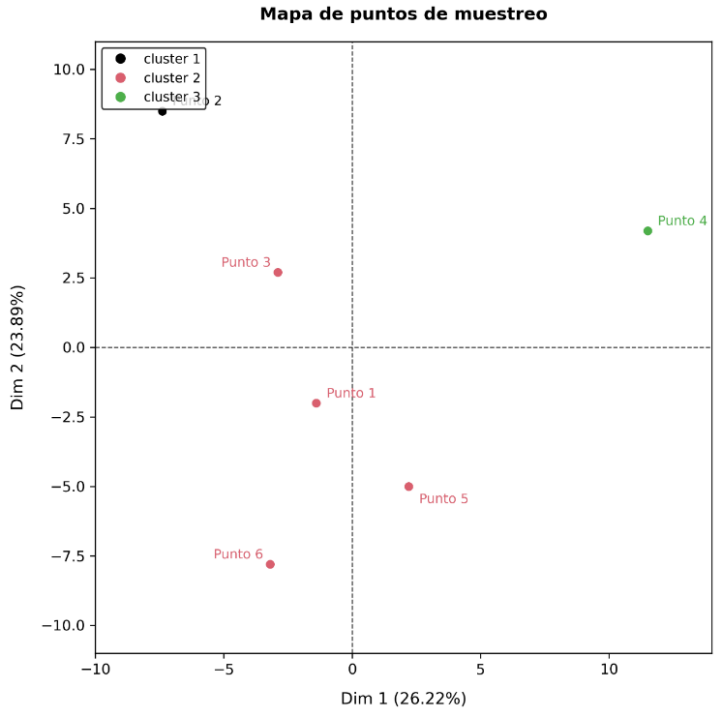


Figura 2. Análisis de Componentes Principales (PCA) para los puntos de muestreo en el Humedal Bruselas Cananguchal, Florencia-Caquetá.

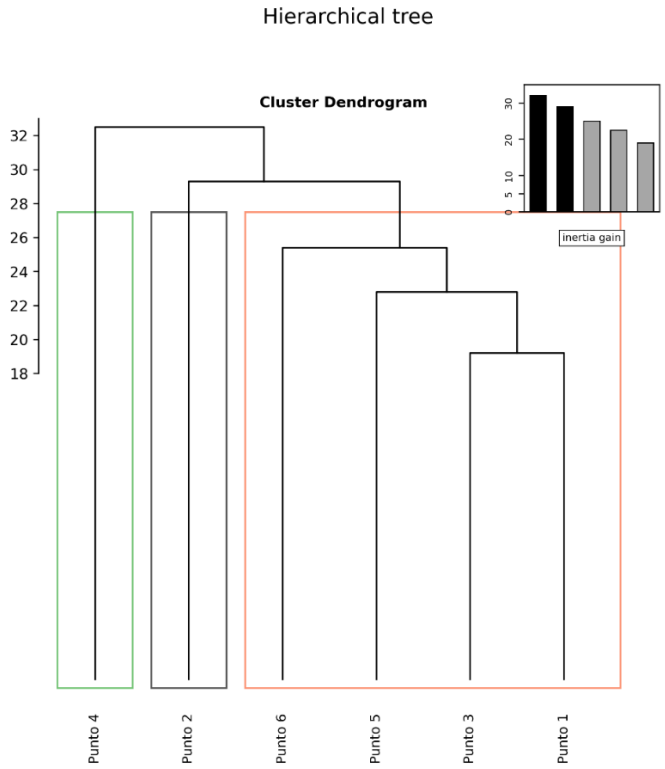
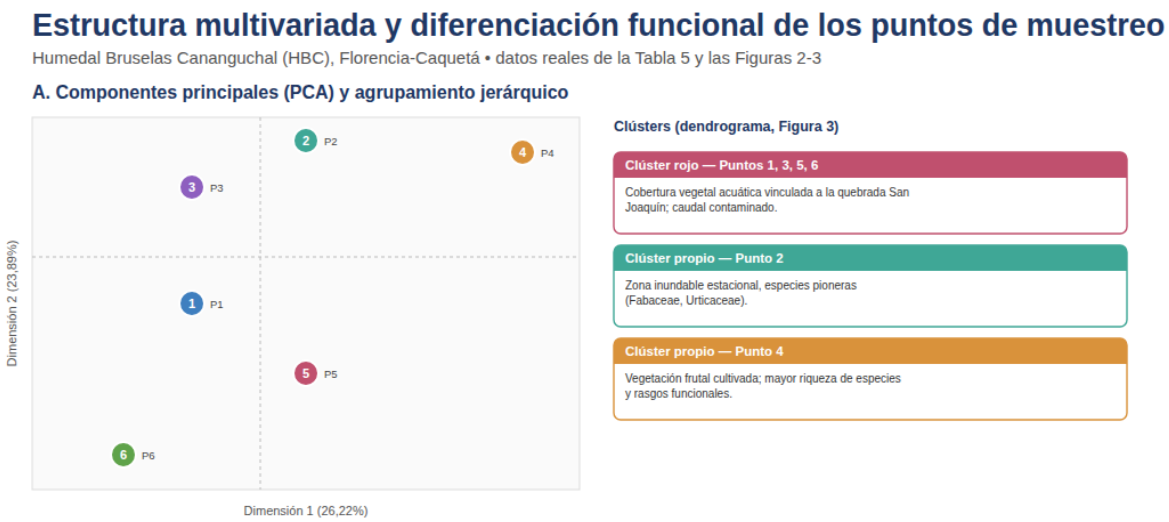
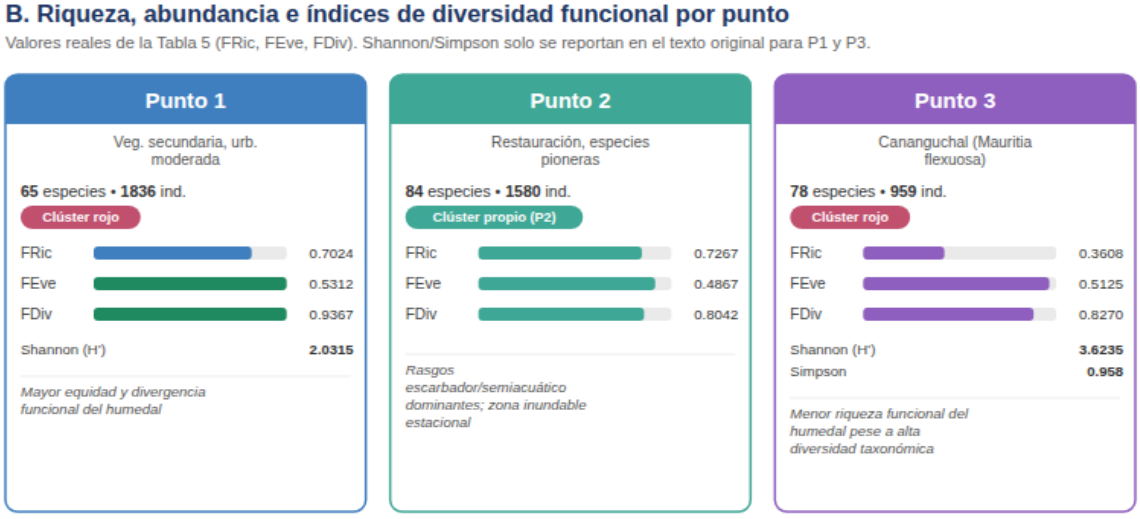


Figura 3. Análisis de clústers (dendrograma jerárquico) para los puntos de muestreo en el Humedal Bruselas Cananguchal, Florencia-Caquetá.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Ahora bien, dentro de este último clúster, los Puntos 1, 5 y 6 mostraron una relación particularmente estrecha, asociada a la presencia de cobertura vegetal acuática vinculada al flujo de la quebrada San Joaquín, un caudal estrecho y altamente contaminado por vertimientos de aguas negras y residuos sólidos provenientes de las viviendas cercanas (Calderón-Caro & Benavides, 2022). En estos puntos se observó una notable adaptación de las especies a distintos grados de urbanización: en el Punto 1, *Machetornis rixosa* aprovechó la vegetación baja y media para forrajear y anidar, mientras que *Tigrisoma lineatum*, especie piscívora, se benefició del estrato arbóreo superior; en el Punto 6, pese a la alta urbanización, la cobertura arbórea remanente sostuvo poblaciones de *Taraba major* y *Momotus momota*; y en el Punto 5, *Eudocimus ruber* aprovechó la vegetación acuática para la búsqueda de invertebrados y peces. (Ver figura 4)





Este artículo no presenta ningún conflicto de intereses. Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Se permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, así como la creación de obras derivadas, siempre que se cite la fuente original.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



Figura 4. Síntesis de la estructura multivariada (PCA y clústers) y de los índices de diversidad funcional (FRic, FEve, FDiv) por punto de muestreo en el Humedal Bruselas Cananguchal. Elaboración propia a partir de la Tabla 3 y de las Figuras 2 y 3.

La Figura 4 sintetiza, para los seis puntos, el patrón de ordenación observado mediante el PCA, los tres agrupamientos identificados mediante el análisis de clústers y los índices de diversidad funcional (FRic, FEve y FDiv), lo cual permite apreciar de forma integrada la heterogeneidad estructural del humedal.

El Punto 6 presentó la mayor riqueza funcional (FRic = 0.8579), mientras que el Punto 1 registró los valores más altos de equidad funcional (FEve = 0.5312) y divergencia funcional (FDiv = 0.9367). Por su parte, el Punto 3 mostró una elevada diversidad taxonómica (Shannon = 3.6235), pero la menor riqueza funcional del humedal (FRic = 0.3608), lo que sugiere una comunidad con un espectro funcional más restringido en el sector de cananguchal. En conjunto, estos resultados evidencian diferencias en la estructura funcional de la comunidad de aves entre los puntos de muestreo, posiblemente asociadas con la heterogeneidad del hábitat y la presencia de sectores con distintas características de cobertura vegetal y condiciones de restauración. Esta variabilidad espacial puede favorecer la complementariedad de funciones ecológicas y contribuir al mantenimiento de la diversidad funcional del sistema (Córdova-Tapia & Zambrano, 2015; Mason et al., 2005).

Punto 3: especialización funcional en el cananguchal

El Punto 3, si bien comparte el clúster con los Puntos 1, 5 y 6, presentó una identidad ecológica diferenciada, en la medida en que, con 78 especies y 959 individuos, este punto exhibió valores altos de diversidad taxonómica (índice de Shannon H' = 3.6235; índice de Simpson = 0.958), superiores a los registrados en el Punto 1 (H' = 2.0315), lo cual indicó una distribución más equitativa de las especies presentes. No obstante, sus índices funcionales reflejaron el panorama opuesto, en tanto la riqueza funcional resultó ser la más baja de todo el humedal (FRic = 0.3608), y tanto la equidad como la divergencia funcional (FEve = 0.5125; FDiv = 0.8270) se ubicaron en niveles comparativamente bajos frente a sitios como el Punto 6 (García, 2020).

Esta aparente contradicción —alta diversidad taxonómica en convergencia con baja diversidad funcional— encuentra explicación en el carácter especializado del hábitat, dominado por *Mauritia flexuosa* (cananguchal), así como por suelos inundables que restringen el rango de nichos funcionales disponibles. Es decir, la especie más abundante en este punto, *Opisthocomus hoazin* (hoatzin), con 127 registros, se constituye en un indicador claro de la asociación existente entre el ecosistema y las aves adaptadas a ambientes húmedos con alta disponibilidad de hojas y frutos. Por otra parte, cabe resaltar que *Thraupis episcopus* y *Psarocolius decumanus* complementaron la comunidad con dietas de carácter generalista, vinculadas a la dispersión de semillas, lo cual da cuenta de que, aunque el hábitat impone restricciones funcionales importantes, este no deja de albergar formas complementarias de aprovechamiento de los recursos disponibles.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Punto 4: alta riqueza funcional asociada a vegetación frutal

El Punto 4 mostró el valor más alto de riqueza funcional entre todos los sitios con cobertura mixta (FRic = 0.7622), lo cual refleja una amplia variedad de roles ecológicos. En ese sentido, el PCA de rasgos funcionales (Figura 5) evidenció una fuerte correlación entre el rasgo arbóreo y los grupos funcionales folívoro, frugívoro y nectarívoro en este punto, asociada a la presencia de plantaciones de árboles frutales y palmas (*Bactris gasipaes*, *Citrus limón*, *Inga edulis*), además de especies nativas que ofrecen frutos, flores y refugio. De igual manera, el PCA de especies (Figura 6) corroboró esta tendencia, en la medida en que agrupó en el extremo derecho del primer eje (clúster verde) a las especies asociadas a estratos arbóreos y a dietas frugívoras y folívoras, en contraste con el clúster rojo, dominado por especies de hábitos más terrestres y generalistas.

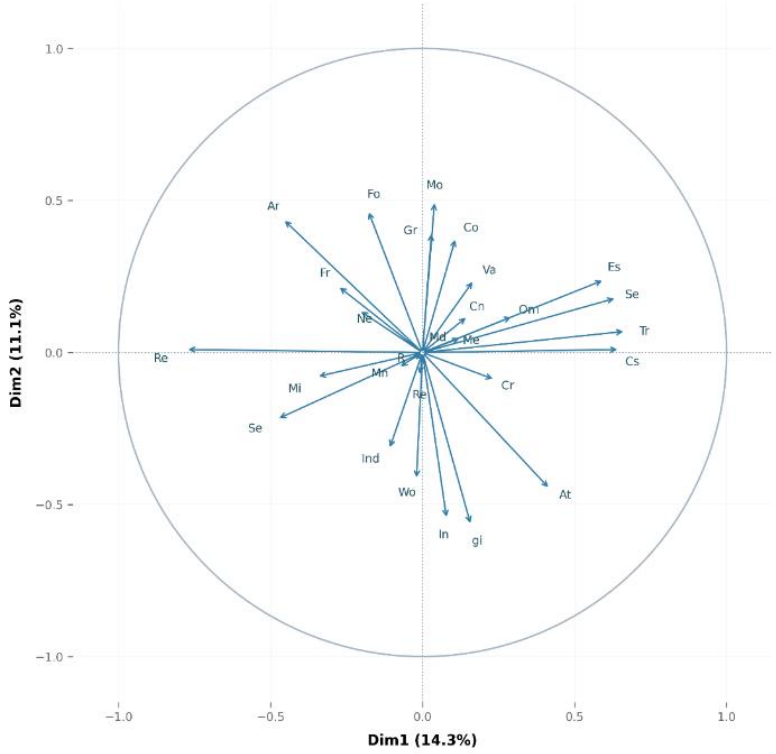


Figura 5. Círculo de correlaciones de los rasgos funcionales de las aves obtenido mediante Análisis de Componentes Principales (ACP) en el Humedal Bruselas Cananguchal, Florencia, Colombia.

Este artículo no presenta ningún conflicto de intereses. Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Se permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, así como la creación de obras derivadas, siempre que se cite la fuente original.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

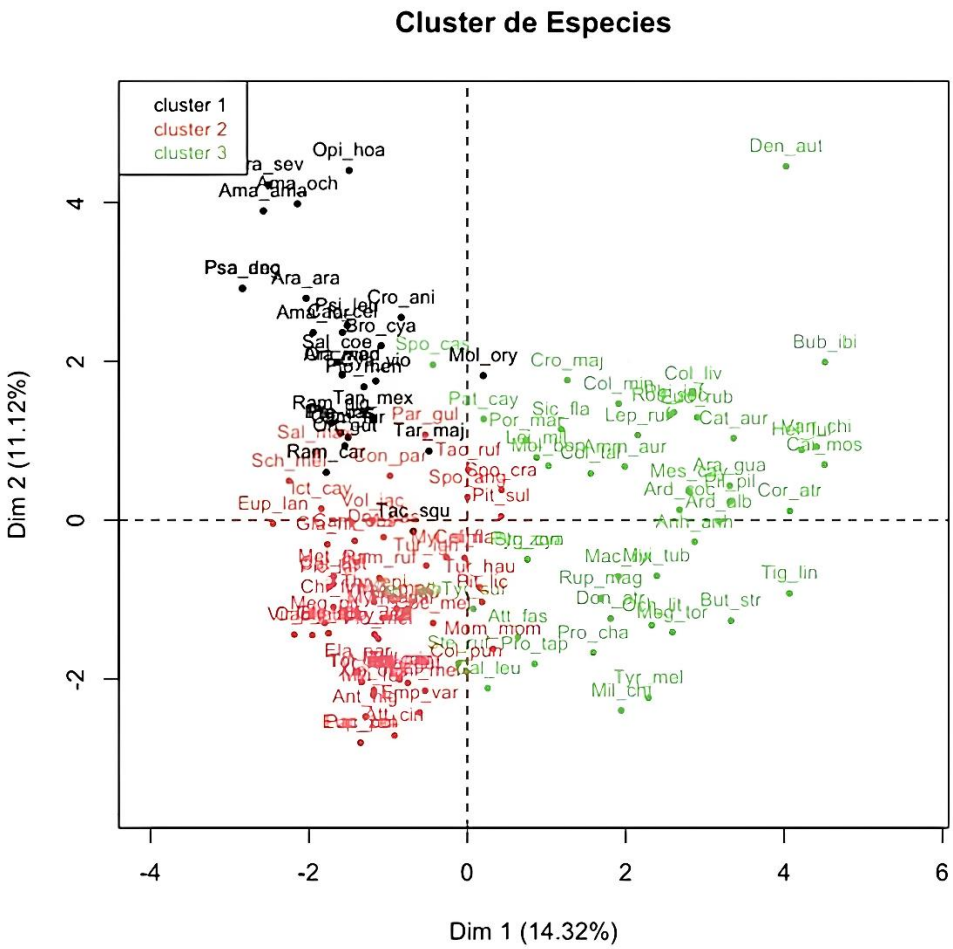


Figura 6. Análisis de Componentes Principales que muestra los agrupamientos (clústers) de especies de aves observadas en el Humedal Bruselas Cananguchal, Florencia, Colombia.

La comunidad de aves en este punto estuvo dominada por *Psarocolius decumanus* (170 individuos), *Bubulcus ibis* (95), *Columbina talpacoti* (77) y *Ortalis guttata* (90), especies con alta plasticidad alimentaria. De esta manera, *Psarocolius decumanus*, con dieta omnívora basada en frutos, néctar e insectos, se benefició directamente de *Bactris gasipaes* y *Heliconia rostrata*, mientras que *Ortalis guttata*, consumidor de frutos y semillas, encontró en *Inga edulis* y *Citrus limón* un suministro constante de alimento. Cabe resaltar que los índices de equidad (FEve) y de divergencia (FDiv) funcional reflejaron, asimismo, una distribución balanceada de las funciones ecológicas, lo cual sugiere estabilidad funcional en este sector, aunque condicionada por la presencia de especies vegetales introducidas de origen antropogénico.

Punto 2: dominancia de rasgos asociados a inundación estacional

El Punto 2 mostró una fuerte correlación con los rasgos escarbador, semiacuático, terrestre y atrapador, vinculados a los grupos funcionales carnívoro e insectívoro. Es decir, esta asociación respondió a las condiciones de inundación estacional del sitio durante la temporada de lluvias y a la dominancia de especies pioneras de las familias Urticaceae y Fabaceae (*Senna reticulata*, *Stryphnodendron porcatum*, *Leucaena leucocephala*, *Cecropia engleriana*, *C. distachya*), las cuales ofrecen recursos esenciales para la restauración del hábitat (Valdez et al., 2018).

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

De esta manera, *Bubulcus ibis* fue la especie más abundante en este punto (415 individuos), favorecida por las condiciones inundables que sustentan su dieta de insectos acuáticos, peces pequeños y ranas (Mohammedi & Ababou, 2020). *Turdus ignobilis* (96 individuos) combinó hábitos terrestres con dieta invertívora, con lo cual se benefició de la oferta alimenticia generada por *Cecropia* spp. (Mosquera et al., 2015). Por su parte, *Coragyps atratus* (56 individuos), de dieta carroñera, aprovechó los residuos derivados de la actividad humana, mientras que *Sicalis flaveola* (54 individuos), especie terrestre y granívora, se vio favorecida por las áreas abiertas y las gramíneas asociadas a la intervención antrópica. En ese orden de ideas, los valores moderados de equidad funcional (FEve = 0.4867) sugirieron cierta dominancia de las funciones semiacuáticas y carnívoras propias de la dinámica hidrológica del sitio.

Grupos funcionales de la avifauna del HBC

La clasificación de las especies según sus rasgos de historia de vida permitió identificar los grupos funcionales predominantes en cada punto de muestreo (Tabla 4), entre los cuales se destacaron los invertívoros, asociados principalmente al control de plagas mediante la captura en vuelo o en sustratos como troncos y suelo, y los omnívoros, vinculados a la dispersión de semillas y a la regulación de poblaciones tanto terrestres como acuáticas. En menor proporción se identificaron especies de dieta nectarívora, asociadas a los procesos de polinización, y carnívora, relacionadas con la regulación de las poblaciones de presas en los cuerpos de agua.

Tabla 4.
Grupos funcionales representativos de la avifauna por punto de muestreo en el Humedal Bruselas Cananguchal.

Punto	Grupo funcional	Especie	Dieta	Uso del hábitat	Rol ecológico
1	Invertívoros	*Machetornis rixosa*	Insectos	Áreas abiertas	Control de plagas
1	Carnívoros	*Tigrisoma lineatum*	Peces	Humedales y cuerpos de agua	Regulación de poblaciones
2	Invertívoros	*Colaptes punctigula*	Invertebrados	Áreas abiertas	Control de plagas
2	Nectarívoros	*Glaucis hirsutus*	Néctar	Flores cercanas a afluentes	Polinización
3	Omnívoros	*Porphyrio martinica*	Variada	Humedales y cuerpos de agua	Dispersión de semillas
4	Omnívoros	*Heliornis fulica*	Variada	Humedales y cuerpos de agua	Control de poblaciones acuáticas
4	Invertívoros	*Dryocopus lineatus*	Insectos	Árboles	Control de plagas
5	Omnívoros	*Eudocimus ruber*	Variada	Humedales y cuerpos de agua	Control de poblaciones acuáticas
6	Omnívoros	*Momotus momota*	Variada	Arbustos y árboles	Dispersión de semillas
6	Invertívoros	*Stelgidopteryx ruficollis*	Insectos	Arbustos y árboles	Control de plagas

Nota: tabla simplificada a partir de la asignación completa de grupos funcionales reportada para las especies exclusivas o representativas de cada punto de muestreo.

Cabe resaltar que las especies más abundantes en el conjunto del humedal fueron *Bubulcus ibis* (3282 individuos, 35,1 % del total), *Coragyps atratus* (455), *Psarocolius decumanus* (455), *Thraupis episcopus* (351) y *Ortalis guttata* (251), lo cual evidencia el predominio de especies con dietas generalistas (omnívoras e insectívoras) y alta tolerancia a la perturbación antrópica, un patrón típico de las comunidades aviares en humedales urbanos sometidos a la presión de la urbanización (Blair, 1996; Marzluff, 2001).

Diversidad funcional del humedal

El análisis conjunto de los tres índices de diversidad funcional (Tabla 3) mostró una variabilidad espacial marcada dentro del HBC. En ese sentido, el Punto 6 se destacó por presentar la mayor riqueza funcional (FRic = 0.8579), lo cual indica que este sitio alberga la mayor variedad de rasgos funcionales entre las especies presentes y sugiere, por tanto, un mayor potencial para el sostenimiento de diversas funciones ecosistémicas (Arias, 2022). El Punto 1, por su parte, presentó los valores más altos de equidad funcional (FEve = 0.5312) y de divergencia funcional

Este artículo no presenta ningún conflicto de intereses. Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Se permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, así como la creación de obras derivadas, siempre que se cite la fuente original.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

(FDiv = 0.9367), lo cual indica una distribución más uniforme de las abundancias en el espacio de rasgos y una mayor complementariedad funcional entre las especies dominantes, circunstancia que podría traducirse en un uso más eficiente de los recursos disponibles en ese sector del humedal (Córdova-Tapia & Zambrano, 2015).

En conjunto, estos resultados subrayan la importancia de mantener la heterogeneidad estructural del hábitat —mediante la combinación de zonas de vegetación secundaria, áreas en restauración, cobertura arbórea y vegetación acuática— como estrategia para el sostenimiento de una comunidad de aves funcionalmente diversa y resiliente frente a las perturbaciones asociadas a la urbanización del HBC.

Potencial pedagógico de los grupos funcionales y de la diversidad funcional de la avifauna del HBC

Implementación de la estrategia pedagógica

La convocatoria a los niños de la urbanización campestre Bruselas conformó un grupo focal de 22 participantes, cuya composición etaria resultó más heterogénea que la prevista inicialmente, en tanto, si bien el rango original contemplaba edades entre 8 y 12 años, el grupo final incluyó, sin embargo, a un niño de 3 años, uno de 5, uno de 6 y cinco de 7 años; es decir, ocho de los 22 participantes (36,4 %) se encontraban fuera del rango previsto. De esta manera, esta heterogeneidad exigió la introducción de ajustes en el diseño de las actividades, con miras a garantizar la participación de la totalidad del grupo.

Ahora bien, la evaluación diagnóstica inicial, planteada originalmente como cuestionario escrito, debió sustituirse por una entrevista de carácter oral, debido a las dificultades de lectoescritura presentes en parte del grupo. En ese sentido, dicha entrevista permitió evidenciar que un número significativo de niños carecía de conocimiento estructurado sobre las aves y su entorno; si bien algunos de ellos contaban con nociones generales al respecto, estas no ofrecían, sin embargo, bases sólidas para el reconocimiento de las especies ni de sus funciones ecológicas, lo cual puso de manifiesto la necesidad de partir de un proceso de construcción conceptual básica antes de avanzar hacia los niveles de análisis propuestos por el ABP.

Desarrollo de las ocho sesiones

El proceso se organizó en ocho encuentros, con inclusión de una "etapa cero" de motivación inicial. En esta etapa, con la asistencia de ocho participantes, se proyectó la película "¡Patos!" (Renner, 2023), que introdujo conceptos de rasgos funcionales, migración, diversidad y comportamiento social de las aves, seguida de una sesión de retroalimentación sobre los intereses y las dudas generados.

En la primera etapa (introducción del problema) se combinó un taller teórico sobre ecología funcional y rasgos de historia de vida con una actividad práctica, el juego "¿Qué ave soy?", en el cual los participantes identificaron aves a partir de sus rasgos funcionales con apoyo de fichas técnicas. Por su parte, la segunda etapa (identificación del conocimiento previo) se desarrolló mediante una salida de avistamiento de aves en el humedal, organizada en tres grupos de seis integrantes con apoyo de cámara fotográfica, binoculares y libreta de campo, que recorrieron tres senderos señalizados con colores y especies representativas (Sendero Colaptes, Sendero Ortalis y Sendero Momotus).

La tercera etapa (definición del problema) empleó el juego "Tingo Tingo Tango" para asignar especies de aves observadas (*Thraupis episcopus*, *Colaptes punctigula*, *Rupornis magnirostris*) a cada participante, quienes formularon preguntas sobre dichas especies y las depositaron en "La Caja del Monstruo Come Problemas" para su uso en etapas posteriores. De igual manera, la cuarta etapa (investigación y recopilación de datos) introdujo a los niños en el uso de plataformas especializadas (Wiki Aves, Birds Colombia, eBird), organizados en seis grupos de tres integrantes que respondieron las preguntas extraídas de la caja mediante búsqueda dirigida.

La quinta etapa (análisis y síntesis de la información) introdujo la elaboración de "Memo fichas" individuales, en las cuales cada niño recibió el nombre científico, una imagen y una breve descripción de un ave para asignarle sus

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

rasgos funcionales correspondientes, con apoyo de símbolos gráficos que facilitaron la comprensión de quienes presentaban mayores dificultades de lectura. Por otra parte, la sexta etapa (generación de soluciones y propuestas) se desarrolló mediante un juego de bolos en el que el equipo perdedor debía exponer una problemática de las aves del humedal y proponer soluciones, con lo cual se generaron aportes que abarcaron desde especies comunes como *Coragyps atratus*, valorada por su función reguladora, hasta especies menos frecuentes como *Momotus momota*, reconocida como indicadora del estado del humedal.

Finalmente, la séptima etapa (aplicación y evaluación) se desarrolló mediante el juego "¿Quién quiere ser millonario?", con participación individual y preguntas de dificultad creciente. Durante la actividad de cierre se observó una alta participación y un desempeño favorable en las preguntas planteadas. Varios de los participantes, además de seleccionar respuestas correctas, justificaron sus elecciones mediante argumentos relacionados con las funciones ecológicas de las aves y con situaciones observadas en su entorno cotidiano.

Evaluación final del proceso

La comparación cualitativa entre las entrevistas iniciales y las entrevistas de cierre permitió identificar cambios favorables en las respuestas de los participantes. Al finalizar la estrategia se observó mayor familiaridad con las aves presentes en el humedal, una mejor asociación entre determinadas especies y sus funciones ecológicas, así como una mayor capacidad para reconocer problemáticas ambientales del entorno y plantear acciones orientadas a su conservación. La magnitud de estos cambios fue variable entre los participantes, particularmente debido a las diferencias de edad y de habilidades de lectoescritura existentes en el grupo. En consecuencia, estos resultados se interpretan como evidencias cualitativas de apropiación del conocimiento durante el proceso pedagógico, sin pretender establecer una medida cuantitativa de efectividad de la intervención.

Discusión

Los resultados permiten discutir, de manera integrada, el valor ecológico del Humedal Bruselas Cananguchal y su potencial como escenario para la educación ambiental. A partir de los patrones de diversidad registrados y de la experiencia pedagógica desarrollada, se analizan sus implicaciones para la conservación y la apropiación social del conocimiento.

Diversidad taxonómica y funcional de la avifauna del HBC

La riqueza registrada en el HBC, con 129 especies, evidencia el elevado valor ecológico de este humedal urbano como refugio para la biodiversidad, a pesar de su reducida extensión y del grado de intervención antrópica presente en el área. Este patrón es consistente con lo reportado para otros humedales urbanos amazónicos y andinos, donde la heterogeneidad de microhábitats, incluso en superficies de pequeña extensión, puede favorecer el mantenimiento de comunidades aviares relativamente diversas, especialmente cuando persisten coberturas de vegetación nativa y cierto grado de conectividad con cuerpos de agua (Ortiz et al., 2022; Rico-Silva et al., 2021).

El hallazgo de mayor relevancia en términos de ecología funcional lo constituyó la disociación identificada entre la diversidad taxonómica y la diversidad funcional, observada en el Punto 3. Es decir, mientras que dicho sitio presentó los índices de Shannon y de Simpson más altos de todo el estudio, su riqueza funcional resultó, por el contrario, la más baja registrada (FRic = 0.3608). Esta disociación resulta coherente con la teoría de la diversidad funcional, de acuerdo con la cual un número elevado de especies no garantiza, per se, una alta variedad de roles ecológicos, en la medida en que dichas especies pueden compartir estrategias similares de uso del hábitat y de alimentación (Mason et al., 2005; Villéger et al., 2010). De esta manera, en el caso particular del Punto 3, la dominancia de *Mauritia flexuosa* y la consecuente especialización del ensamblaje aviar hacia especies adaptadas a ambientes inundables y de dosel denso —como *Opisthocomus hoazin*— permiten explicar esta restricción del espacio funcional, en concordancia con lo reportado por García (2020) para los gradientes de regeneración en la cordillera Central de Colombia.

Este artículo no presenta ningún conflicto de intereses. Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Se permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, así como la creación de obras derivadas, siempre que se cite la fuente original.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Ahora bien, este resultado posee implicaciones directas para el manejo del humedal, en la medida en que la conservación de cananguchales como el del Punto 3 debe valorarse no solo por su riqueza de especies, sino, fundamentalmente, por su función como refugio especializado; mientras que la gestión orientada a maximizar la diversidad funcional del sistema requiere mantener, en paralelo, sectores con mayor heterogeneidad estructural, tales como los Puntos 1, 4 y 6. En ese orden de ideas, la complementariedad existente entre ambos tipos de hábitat —el especializado y el heterogéneo— parece constituir la combinación que sostiene la resiliencia funcional global del HBC, ello en concordancia con lo señalado por Córdova-Tapia y Zambrano (2015) en torno a la necesidad de abordar la diversidad funcional desde múltiples índices independientes.

El predominio identificado de especies omnívoras e invertívoras tolerantes a la perturbación —*Bubulcus ibis*, *Coragyps atratus*, *Psarocolius decumanus*, *Ortalis guttata*— coincide con el patrón descrito en la literatura especializada sobre comunidades de aves urbanas, según la cual la urbanización favorece a las especies generalistas dotadas de amplia plasticidad de dieta y de hábitat, en detrimento de los especialistas, que resultan más sensibles a la perturbación (Blair, 1996; Marzluff, 2001; Muñoz Varela et al., 2018). Cabe resaltar que la elevada abundancia de *Bubulcus ibis* (3282 individuos, cifra que representa más de un tercio de los registros totales) resulta indicativa de la disponibilidad de fuentes de alimento asociadas a las actividades antrópicas del entorno —entre ellas, la cría de cerdos y el vertimiento de aguas residuales, ya referidos en la caracterización del área de estudio—, lo cual sugiere que parte de la abundancia observada podría relacionarse más con la disponibilidad artificial de recursos que con la calidad ecológica intrínseca del hábitat (Mohammedi & Ababou, 2020).

Los valores de riqueza funcional más altos coincidieron, en términos generales, con los puntos de mayor cobertura arbórea o de mayor heterogeneidad vegetal (Puntos 4 y 6), mientras que los valores más bajos se asociaron, por su parte, a hábitats especializados (Punto 3) o a condiciones de inundación estacional con dominancia de especies pioneras (Punto 2). En ese sentido, esta relación respalda la hipótesis según la cual la heterogeneidad estructural del hábitat constituye un determinante central de la diversidad funcional de la avifauna en los humedales urbanos, en concordancia con estudios previos sobre gradientes de urbanización (Haag et al., 2020; Rolo et al., 2017). Cabe señalar, sin embargo, que parte de esta heterogeneidad presente en el HBC se encuentra mediada por especies vegetales introducidas con fines de cultivo (*Citrus limón*, *Mangifera indica*, *Persea americana*), lo cual plantea un interrogante en torno a la sostenibilidad a largo plazo de la función ecológica que actualmente sostienen dichos puntos, en el eventual caso de que tales especies fueran removidas o reemplazadas (Benedetti et al., 2023; Montejo Guevara, 2022).

Potencial pedagógico de los grupos funcionales y de la diversidad funcional

Los resultados obtenidos evidencian que los grupos funcionales y la diversidad funcional de la avifauna del HBC poseen un importante potencial pedagógico, al facilitar la comprensión de procesos ecológicos y su relación con los servicios ecosistémicos mediante ejemplos propios del entorno local.

Los grupos funcionales como vehículo para enseñar procesos ecológicos

La clasificación de las 129 especies registradas en el HBC en grupos funcionales —invertívoros, omnívoros, carnívoros, nectarívoros, granívoros, carroñeros y folívoros— ofrece un andamiaje conceptual inmediatamente traducible a la enseñanza de los procesos ecológicos. Es decir, cada grupo funcional encarna un proceso: los invertívoros representan el control biológico de plagas; los nectarívoros, la polinización; los omnívoros con dieta frugívora, la dispersión de semillas; y los carroñeros, el reciclaje de la materia orgánica (Luck et al., 2012; Mayani-Parás et al., 2023). De esta manera, la correspondencia entre el rol ecológico y el servicio ecosistémico confiere a los grupos funcionales un importante potencial pedagógico, al permitir abordar procesos abstractos del ciclo de la materia y del flujo de energía mediante organismos observables en el propio entorno de los participantes (Balvanera et al., 2014).

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

De acuerdo con las investigaciones en didáctica de las ciencias, el aprendizaje de la ecología mejora de manera significativa cuando el contenido se ancla en organismos conocidos o visibles para el aprendiz (Lindemann-Matthies & Bose, 2008; Randler et al., 2005). En ese sentido, la avifauna del HBC, al resultar perceptible de forma directa con binoculares durante el avistamiento de aves, cumple esta condición de manera óptima. Cabe resaltar que especies como *Glaucis hirsutus* (nectarívoro, Punto 2) o *Momotus momota* (omnívoro, Punto 6), observadas por los participantes durante la segunda etapa del ABP implementado en este estudio, se convirtieron en 'anclas cognitivas' que facilitaron la comprensión de la polinización y de la dispersión de semillas, respectivamente, en coherencia con lo reportado por Cortes-Dussan et al. (2021) para las estrategias de observación de aves en la educación ambiental colombiana.

La utilidad pedagógica de los grupos funcionales documentados en el HBC se extiende más allá del aprendizaje de nombres de especies o listas de rasgos. Los datos obtenidos permiten utilizar cada punto de muestreo como un escenario contextualizado de aprendizaje: el Punto 3, con elevada diversidad taxonómica pero menor riqueza funcional, permite explicar que un mayor número de especies no implica necesariamente una mayor variedad de roles ecológicos; el Punto 2 permite analizar la relación entre las condiciones de inundación y la composición funcional de la avifauna; y el Punto 6, con la mayor riqueza funcional pese a su grado de urbanización, permite examinar la importancia de conservar la cobertura vegetal en ambientes transformados (Balvanera et al., 2014; Luck et al., 2012). Estos contrastes ofrecen oportunidades para desarrollar aprendizajes activos vinculados directamente con las condiciones ecológicas del territorio.

La relación entre los rasgos funcionales de la avifauna y los procesos ecológicos asociados a estos posee implicaciones relevantes para el diseño de estrategias de educación y conservación comunitaria. En ese sentido, los servicios de regulación que prestan los invertívoros del humedal —esto es, el control de plagas agrícolas y de insectos vectores de enfermedades— resultan directamente relevantes para la calidad de vida de los habitantes de la urbanización campestre Bruselas (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

La diversidad funcional como puerta de entrada a los servicios ecosistémicos

La variabilidad espacial de los índices FRic, FEve y FDiv registrada a lo largo del HBC no solo posee relevancia ecológica, sino que, además, se reviste de un potencial pedagógico específico, en tanto permite ilustrar, con datos reales y locales, las razones por las cuales ecosistemas distintos proveen servicios ecosistémicos distintos. De esta manera, el Punto 6 (FRic = 0.8579), correspondiente al sitio con mayor riqueza funcional, ofrece un ejemplo local para abordar la relación entre diversidad funcional y procesos ecológicos. La variedad de rasgos presentes en su comunidad de aves permite trabajar pedagógicamente funciones como el control de insectos, la dispersión de semillas, la polinización y el reciclaje de materia orgánica, procesos vinculados con distintos servicios ecosistémicos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). En contraste, el Punto 3 (FRic = 0.3608), pese a su alta diversidad taxonómica, presentó una menor amplitud del espacio funcional ocupado por la comunidad de aves. Este resultado permite ilustrar un espectro más restringido de rasgos funcionales, sin implicar por sí mismo una menor importancia ecológica ni una menor provisión global de servicios ecosistémicos (Rosenfeld, 2002; Villéger et al., 2010).

Ahora bien, esta heterogeneidad identificada entre los distintos puntos constituye un recurso didáctico de considerable valor, en la medida en que facilita que los estudiantes comprendan que la biodiversidad no constituye un valor abstracto, sino un determinante concreto de los beneficios que los ecosistemas ofrecen a las comunidades humanas (Díaz et al., 2007). En ese orden de ideas, el contraste establecido entre el Punto 3 —diverso taxonómicamente, pero funcionalmente especializado— y el Punto 6 —menos diverso en especies, pero funcionalmente más amplio— permite abordar, a partir de ejemplos de carácter local, la distinción entre diversidad taxonómica y diversidad funcional, la cual constituye uno de los conceptos de mayor complejidad dentro de la ecología contemporánea (Córdova-Tapia & Zambrano, 2015) y que fue trabajada de forma directa en las etapas 4 y 5 del ABP implementado con los niños del barrio Bruselas.

Este artículo no presenta ningún conflicto de intereses. Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Se permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, así como la creación de obras derivadas, siempre que se cite la fuente original.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

ABP y apropiación social del conocimiento ecológico

En cuanto a la estrategia pedagógica, los resultados obtenidos muestran que el ABP constituyó un marco pertinente para articular el conocimiento ecológico con actividades de educación ambiental dirigidas a la comunidad infantil, en concordancia con experiencias previas reportadas para Colombia (Cortes-Dussan et al., 2021; Giraldo, 2021). La necesidad de ajustar el instrumento diagnóstico, del cuestionario escrito a la entrevista oral, debido a las dificultades de lectoescritura presentes en varios participantes pone de manifiesto un aspecto metodológico relevante para futuras experiencias en contextos comunitarios: la heterogeneidad etaria y de habilidades requiere instrumentos flexibles y estrategias didácticas que articulen recursos verbales, simbólicos y experienciales.

El uso de la observación directa de aves como eje articulador de las etapas del ABP resulta consistente con el planteamiento de acuerdo con el cual el avistamiento de aves constituye una estrategia didáctica pertinente para la enseñanza de conceptos ecológicos complejos, en tanto permite traducir abstracciones como "grupo funcional" o "diversidad funcional" en experiencias sensoriales concretas y memorables para los niños (Giraldo, 2021; Perdomo et al., 2018). En ese orden de ideas, las evidencias cualitativas observadas en participantes de diferentes edades y niveles de lectoescritura sugieren que la estrategia podría ser adaptable a grupos heterogéneos, siempre que se mantenga la flexibilidad metodológica empleada durante su implementación.

Cabe resaltar que, cuando los niños participantes en el ABP identificaron a *Colaptes punctigula* (invertívoro, Punto 2) como "el pájaro que limpia los árboles de insectos", estaban reconociendo dicho servicio de regulación de manera autónoma, lo cual constituye un primer acercamiento a la valoración comunitaria del ecosistema (Giraldo, 2021). Esto conlleva a determinar que la apropiación del conocimiento ecológico, cuando se ancla en la experiencia directa, puede transformarse en un fundamento para la defensa comunitaria del territorio frente a las presiones que lo amenazan.

El HBC como escenario para la apropiación social del conocimiento

Los humedales urbanos presentan ventajas únicas como escenarios de educación ambiental frente a otros ecosistemas, en la medida en que su accesibilidad geográfica reduce las barreras logísticas que suelen dificultar el trabajo de campo en zonas remotas; su biodiversidad visible —en especial, la avifauna— genera un impacto emocional inmediato que activa la motivación intrínseca del aprendiz; y su condición de "ecosistema amenazado pero persistente" en el tejido urbano crea, a su vez, un sentido de urgencia y de pertenencia que potencia la disposición hacia la acción conservacionista (Brounen & Pfeifer, 2011; Leyton Tafur, 2022; Mancini et al., 2018). De esta manera, se pudo constatar que estas condiciones resultaron verificables en el caso del HBC, en tanto el hecho de que las familias de la urbanización campestre Bruselas conocieran el humedal, lo visitaran y, a la vez, lo percibieran como un espacio degradado, generó una tensión cognitiva que, en el marco del ABP, se tradujo en una motivación genuina para investigar sus causas y proponer las soluciones correspondientes (Farfán Tigre et al., 2018).

Por otra parte, cabe resaltar que los humedales urbanos se encuentran directamente expuestos a las presiones generadas por las propias comunidades aledañas (vertimientos, relleno, extracción de fauna), lo cual los convierte en espacios donde la apropiación social del conocimiento ecológico se vincula de forma directa con la transformación de las prácticas cotidianas (Mosquera et al., 2015; Perdomo et al., 2018). En ese sentido, se pudo identificar que la presencia de *Coragyps atratus* (carroñero, 455 individuos), en tanto segunda especie más abundante en el HBC y beneficiada por los residuos sólidos depositados en el humedal, constituyó un ejemplo concreto que los niños participantes lograron identificar durante la sexta etapa del ABP.

Al respecto, cabe señalar que, en el discurso infantil, la especie transitó desde una representación inicial que la reducía a "el buitre que come basura", hasta convertirse en el hilo conductor que permitió explicar la relación existente entre la conducta humana, la calidad ambiental y los servicios de regulación ecosistémica. Esto conlleva a determinar que la observación situada de la avifauna habilita, en los participantes, una relectura crítica de su

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

propio entorno y de las prácticas que lo degradan, de manera que el conocimiento ecológico deja de constituir un saber abstracto para transformarse en un instrumento de agencia frente a la propia realidad territorial.

Articulación de los resultados ecológicos con la estrategia de ABP

La articulación entre los resultados ecológicos y la estrategia pedagógica puede analizarse en tres aspectos. En primer lugar, la variedad de información obtenida —129 especies, seis rasgos de historia de vida, tres índices de diversidad funcional y análisis multivariados— proporcionó insumos para formular problemas con diferentes niveles de complejidad, condición pertinente para la implementación del ABP con grupos etarios heterogéneos (Exley & Dennick, 2007; Pérez Granado, 2018). De esta manera, la arquitectura de siete etapas del ABP pudo construirse directamente sobre los hallazgos de campo, en tanto la "etapa cero" empleó conceptos de rasgos funcionales observables en las especies detectadas; la etapa de investigación, por su parte, se apoyó en plataformas (eBird, Wiki Aves Colombia) que contienen datos reales de las especies del HBC; y la etapa de evaluación final ("¿Quién quiere ser millonario?") incorporó preguntas derivadas de los patrones de diversidad funcional registrados.

En segundo lugar, los resultados del análisis de clústers permitieron identificar tres agrupamientos diferenciados: el Punto 4 conformó un grupo independiente, al igual que el Punto 2, mientras que los Puntos 1, 3, 5 y 6 integraron un tercer clúster. Dentro de este último agrupamiento se observaron diferencias ecológicas relevantes entre los sitios, como el carácter especializado del cananguchal del Punto 3 y la elevada riqueza funcional registrada en el Punto 6. Estas diferencias ofrecen una base útil para organizar secuencias didácticas contextualizadas, en las que cada sitio puede abordarse a partir de sus características de hábitat, composición de especies y funciones ecológicas, favoreciendo la formulación de problemas específicos dentro de la lógica del ABP (Duque-Cardona & Largo-Taborda, 2021). En este contexto, *Momotus momota*, registrado con 44 individuos en el Punto 6, constituyó un ejemplo relevante para analizar con los participantes la relación entre cobertura arbórea, transformación antrópica y conservación de la avifauna.

En tercer lugar, las respuestas obtenidas durante la evaluación final sugieren que el uso del ABP sustentado en datos ecológicos reales favoreció la conexión entre los contenidos trabajados y el contexto cotidiano de los participantes. Algunos niños justificaron sus respuestas relacionando las especies con sus funciones ecológicas y estas, a su vez, con los servicios que prestan al ecosistema. Este tipo de razonamiento constituye una evidencia cualitativa de apropiación de los conceptos abordados durante la estrategia y muestra el potencial del enfoque para promover aprendizajes contextualizados. Asimismo, el hecho de que el grupo incluyera participantes de diferentes edades y niveles de lectoescritura evidencia la importancia de mantener estrategias flexibles y adaptadas a las características de la población infantil. En este sentido, los cambios cualitativos observados incluso en participantes menores de ocho años son coherentes con la relevancia atribuida a la educación ambiental desde edades tempranas para favorecer procesos de apropiación y conservación del entorno (Gárate et al., 2020; Villanueva Blas et al., 2020).

Limitaciones y perspectivas futuras

El estudio presenta algunas limitaciones que deben considerarse en la interpretación de los resultados. En primer lugar, cabe indicar que el muestreo se concentró en una única temporada del año (julio-agosto de 2023), de modo que no se logró capturar la variabilidad estacional de la comunidad de aves, aspecto particularmente relevante para las especies migratorias documentadas para la región (Donegan et al., 2018). De manera similar, se tiene que la evaluación del impacto de la estrategia pedagógica se basó en una comparación cualitativa entre las entrevistas inicial y final, sin que se contara con un instrumento cuantitativo estandarizado que permitiera medir la magnitud del aprendizaje logrado. En ese orden de ideas, futuras investigaciones podrían abordar estas limitaciones mediante la implementación de muestreos multiestacionales y la incorporación de instrumentos de evaluación pedagógica validados, así como mediante la ampliación del grupo focal hacia otros sectores de la comunidad, todo ello con el fin de fortalecer la apropiación social del humedal a una mayor escala.

Este artículo no presenta ningún conflicto de intereses. Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Se permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, así como la creación de obras derivadas, siempre que se cite la fuente original.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Conclusiones

La caracterización de la comunidad de aves del Humedal Bruselas Cananguchal evidenció una notable diversidad taxonómica y funcional, con 129 especies distribuidas en 19 órdenes y 39 familias, en la cual los Puntos 4 y 2 se destacaron por su riqueza de especies (85 y 84, respectivamente) y el Punto 6 por su mayor número de registros (2223 individuos). De esta manera, esta riqueza confirma la importancia del humedal como refugio de biodiversidad en un contexto urbano, pese a su reducida extensión y al grado de intervención antrópica que presenta.

La determinación de los grupos funcionales permitió identificar roles ecológicos clave desempeñados por la avifauna del HBC —entre ellos, el control de plagas, la dispersión de semillas, la polinización y la regulación de poblaciones—, con predominio de los grupos invertívoro y omnívoro. En ese sentido, estos hallazgos resaltan la contribución de las aves a la resiliencia y al equilibrio ecológico del humedal, así como su sensibilidad diferencial frente a las perturbaciones antrópicas que enfrenta el ecosistema.

El análisis de la diversidad funcional reveló variaciones espaciales marcadas entre los puntos de muestreo: el Punto 6 presentó la mayor riqueza funcional (FRic = 0.8579), mientras que el Punto 1 exhibió los mayores valores de equidad (FEve = 0.5312) y divergencia funcional (FDiv = 0.9367). Estos resultados resaltan la importancia de mantener la heterogeneidad del hábitat, mediante la coexistencia de sectores especializados, áreas en restauración y zonas con cobertura arbórea diversa, como una estrategia para favorecer la conservación de una comunidad de aves funcionalmente diversa.

La implementación de la estrategia pedagógica basada en el Aprendizaje Basado en Problemas permitió vincular los resultados del estudio ecológico con experiencias de educación ambiental dirigidas a la comunidad infantil de la urbanización campestre Bruselas. La comparación cualitativa entre las respuestas iniciales y finales mostró cambios favorables en la comprensión de las funciones ecológicas de las aves, en el reconocimiento de problemáticas ambientales del humedal y en la formulación de posibles acciones de conservación. Estos hallazgos evidencian el potencial pedagógico de utilizar información ecológica obtenida directamente en el territorio como recurso para promover procesos de apropiación social del conocimiento.

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda conservar de manera complementaria los sectores especializados y los sectores estructuralmente heterogéneos del HBC; fortalecer el avistamiento de aves como estrategia permanente de educación ambiental; y promover la participación de la Junta de Acción Comunal, las familias y la comunidad infantil en actividades de monitoreo, valoración y conservación del humedal. Estas acciones pueden contribuir a vincular el conocimiento científico con los procesos comunitarios de protección del territorio.

Contribuciones de los autores

Liliana Varón Trujillo (Primera autora): Conceptualización, Investigación, Recursos (provisión de equipos portátiles, cámara fotográfica, dispositivos móviles y micrófonos para registro de campo), Adquisición de fondos, Administración del proyecto, Redacción – borrador original y Redacción – revisión y edición.
Magda Julissa Rojas-Bahamón (Segunda autora): Redacción – borrador original (redacción científica, síntesis y estructuración del artículo), Redacción – revisión y edición y Supervisión.
Andrea Cifenia Galindo Olcunche (Tercera autora): Metodología, Investigación (monitoreo de avifauna y talleres didácticos), Análisis formal, Software, Visualización y Redacción – borrador original.
Emmy Johanna Cruz Trujillo (Cuarta autora): Conceptualización (componente biológico), Metodología, Validación (corroboración taxonómica), Recursos (consecución de binoculares y equipos portátiles para las sesiones lúdicas), Supervisión, Administración del proyecto y Redacción – revisión y edición.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Financiación

Esta investigación no recibió financiación externa de ninguna entidad.

Declaración ética

El componente pedagógico y social de esta investigación, en el cual participaron 22 menores de edad de la Urbanización Campestre Bruselas, contó con el aval institucional del Doctorado en Educación y Cultura Ambiental de la Universidad de la Amazonia, enmarcado en el Acuerdo 125 de 2023 del Consejo de Facultad de Ciencias de la Educación. La participación de los infantes se formalizó estrictamente mediante la firma de un consentimiento informado por parte de sus padres y familias, garantizando la confidencialidad, el anonimato de los participantes y el tratamiento ético de los registros de voz, fotografía y video obtenidos en las sesiones de campo. Por su parte, el componente biológico de monitoreo de avifauna fue de carácter exclusivamente observacional (conteo en puntos de radio fijo y registro fotográfico), por lo que no involucró captura, manipulación ni experimentación con animales vivos, garantizando la no perturbación del ecosistema.

Agradecimientos

Expresamos nuestra profunda gratitud a la profesora Claudia Yolanda Reyes, exdirectora de esta investigación, por su valioso acompañamiento académico en la fase de estructuración del proyecto y por su generoso aporte económico y material con los recursos de papelería indispensables para las actividades didácticas con la comunidad infantil. Asimismo, manifestamos un especial reconocimiento a Viviana Marín Cardeño, por su valioso apoyo en el desarrollo de las jornadas de monitoreo de la avifauna en el humedal, así como por su activa participación en los talleres lúdicos y encuentros pedagógicos con los infantes del sector.

Agradecemos formalmente a la Junta de Acción Comunal de la Urbanización Campestre Bruselas, y en particular a su presidente, el profesor pensionado José Emilio Garzón Rivero, por su constante respaldo institucional, por facilitar la convocatoria de las familias y por velar por la seguridad de las investigadoras durante las jornadas de campo en las madrugadas. De igual manera, reconocemos la valiosa gestión social de la señora Mercedes Artunduaga para consolidar el acercamiento inicial con la población infantil del barrio, y a Don Héctor Cardona por su invaluable apoyo como guía local y custodio de la seguridad de las estudiantes de biología durante el trabajo de campo de observación de aves en el humedal.

Finalmente, agradecemos de todo corazón a las familias y a los 22 niños de la urbanización, quienes con su alegría, dibujos y saberes compartidos permitieron que esta investigación cobrara un verdadero sentido biocultural.

Declaración sobre el uso de herramientas asistidas por inteligencia artificial

Los autores utilizaron ChatGPT para la corrección lingüística en la estructuración de las secciones complementarias de este manuscrito. Los autores revisaron y editaron el contenido según fue necesario y asumen plena responsabilidad por la integridad y originalidad del manuscrito.

Referencias bibliográficas

Alviz, A., & Pérez-Albarracín, K. (2019). Funcionalidad ecológica de los mamíferos e importancia de las sabanas inundables araucanas para su conservación. En F. Trujillo & F. Anzola (Eds.), *Biodiversidad en el departamento de Arauca* (pp. 340–351). Gobernación de Arauca; Fundación Omacha; Fundación Ecollano. https://acortar.link/fvgDgX

Andrade, G. I., & Castro, L. G. (2012). Degradación, pérdida y transformación de la biodiversidad continental en Colombia, invitación a una interpretación socioecológica. *Ambiente y Desarrollo, 16*(30), 53–71. https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/ambienteydesarrollo/article/view/3196

Este artículo no presenta ningún conflicto de intereses. Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Se permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, así como la creación de obras derivadas, siempre que se cite la fuente original.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Arias, J. (2022). *Composición, riqueza específica y diversidad de rasgos funcionales de los ensamblajes de aves de diferentes complejos de Páramo de Colombia*. [trabajo de grado], Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Ayerbe, F. (2022). *Guía ilustrada de la avifauna colombiana* (3.ª ed.). Panamericana Formas e Impresos S. A.

Balvanera, P., Quijas, S., Pérez-Jiménez, A., & García-Oliva, F. (2014). Ecosystem services and functional diversity. En M. Díaz, D. Tilman, & J. Fargione (Eds.), *Biodiversity and ecosystem functioning* (pp. 69–90). Oxford University Press.

Baquero Gómez, J. D., & Cuellar Velásquez, A. C. (2021). Reconocimiento de la importancia ecológica de las aves y su contribución al cuidado de la biodiversidad en el trapecio amazónico con estudiantes de preescolar y primero en San Antonio (Perú). *Revista Electrónica EDUCYT, 11*(Extra), 367–378. https://die.udistrital.edu.co/revistas/index.php/educyt/article/view/52

Benedetti, C., Hurtado, S., Sauza, B. L., Tocamo, Y., & Acevedo, E. (2023). Conservación de los manglares en el corregimiento de Juan Díaz, Panamá. *Revista Semilla Científica, 1*(4), 487–498. https://doi.org/10.37594/sc.v1i4.1293

Blair, R. (1996). Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological Applications, 6*(2), 506–519. https://doi.org/10.2307/2269387

Brounen, D., & Pfeifer, N. (2011). Residential wetlands: A review of the valuation literature. *Ecological Economics, 70*(12), 2379–2388.

Calderón-Caro, J., & Benavides, A. (2022). Deforestación y fragmentación en las áreas más biodiversas de la Cordillera Occidental de Antioquia, Colombia. *Biota Colombiana, 23*(1), Article e942. https://doi.org/10.21068/2539200x.942

Córdova-Tapia, F., & Zambrano, L. (2015). La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Ecosistemas, 24*(3), 78–87. https://doi.org/10.7818/ECOS.2015.24-3.10

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2011). *Humedales del Territorio CAR*. Subdirección de Administración de Recursos Naturales y Áreas Protegidas.

Cortes-Dussan, G., Aramendiz-Mendez, A., & Orduz-Quijano, M. (2021). *Estrategias pedagógicas de educación ambiental en biodiversidad y ecosistemas con la observación de aves en la Licenciatura de Biología en la enseñanza, región nororiental (Bogotá, Chiquinquirá y Sincelejo)*. Universidad Santo Tomás. https://doi.org/10.15332/dt.inv.2021.02874

Cosentino, B. J., & Schooley, R. L. (2018). Dispersal and wetland fragmentation. En C. Finlayson, M. Everard, K. Irvine, R. McInnes, B. Middleton, A. van Dam, & N. Davidson (Eds.), *The Wetland Book* (pp. 105–111). Springer.

Cuevas, E. D. C. (2022). Expansión urbana o cómo el suelo urbanizado se dispersa por el paisaje: implicaciones para la conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas, 31*(1), Article 2165. https://doi.org/10.7818/ECOS.2165

Curipaco, Q. (2021). *Niveles de ruido y su efecto en la presencia de aves en el área urbana del distrito de Huancavelica*. [trabajo de grado] Universidad Nacional de Huancavelica.

Díaz, S., Lavorel, S., de Bello, F., Quétier, F., Grigulis, K., & Robson, T. M. (2007). Incorporating plant functional diversity effects in ecosystem service assessments. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 104*(52), 20684–20689. https://doi.org/10.1073/pnas.0704716104

Donegan, T., Ellery, T., Pacheco, G., Verhelst, J., & Salaman, P. (2018). Revision of the status of bird species occurring or reported in Colombia 2018. *Conservación Colombiana, 25*, 4–47. https://proaves.org/blog/aves-de-colombia-2018/

Duque-Cardona, V., & Largo-Taborda, W. (2021). Desarrollo de las competencias científicas mediante la implementación del aprendizaje basado en problemas (ABP) en los estudiantes de grado quinto del Instituto Universitario de Caldas (Manizales). *Panorama, 15*(28), 143–156. https://doi.org/10.15765/pnrm.v15i28.1821

Echeverry-Galvis, M. A., Acevedo-Charry, O., Avendaño, J. E., Gómez, C., Stiles, F. G., Estela, F. A., & Cuervo, A. M. (2023). *Lista oficial de las aves de Colombia, diciembre 2023*. Asociación Colombiana de Ornitología. https://ccro.asociacioncolombianadeornitologia.org/lista-oficial-de-aves-de-colombia/

Exley, K., & Dennick, R. (2007). *Enseñanza en pequeños grupos en educación superior: Tutorías, seminarios y otros agrupamientos* (P. Manzano, Trad.). Narcea Ediciones.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Farfán Tigre, A. E., Montilla Pacheco, A., & Pinargote Sánchez, J. (2018). Educación ambiental en escenarios reales de aprendizaje. Caso humedales venezolanos. *Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa, 6*(2), 111–122. https://refcale.uleam.edu.ec/index.php/refcale/article/view/1600

Flórez Yepes, Y. G. (2015). Servicios ecosistémicos y variables socioambientales determinantes en ecosistemas de humedales altoandinos. Sector El Ocho y Páramo de Letras, Manizales, Colombia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, (12)*, 173–179. https://repositorio.ucm.edu.co/handle/10839/1667

Gárate, J., Vásquez, O., & Quizhpi, L. (2020). La educación ambiental y su importancia desde la óptica constitucional en Ecuador. *Revista Espacios, 41*(30), 85–97. https://www.revistaespacios.com/a20v41n30/20413008.html

García, G. D. (2020). *Diversidad funcional de aves frugívoras y plantas ornitócoras en un gradiente de regeneración de la cordillera Central de Colombia* [Tesis de maestría], Pontificia Universidad Javeriana. Repositorio Institucional - Pontificia Universidad Javeriana. javeriana.co

Giraldo Montoya, L. F. (2021). *El avistamiento de aves como estrategia didáctica en la conservación de las especies* [Tesis de maestría], Universidad Nacional de Colombia. Repositorio Institucional UNIMEDIOS. https://repositorio.unal.edu.co

González-García, F. (2011). Métodos para contar aves terrestres. En S. Gallina & C. López (Eds.), *Manual de técnicas para el estudio de la fauna* (pp. 86–123). Instituto de Ecología, A.C.

Grilli, P. (2018). *Las aves de bambú de la Amazonía peruana como componentes del monitoreo de las actividades petrolíferas y aportes al conocimiento de su historia natural*. [Tesis doctoral], Universidad Nacional de La Plata.

Gutiérrez-Pineda, K. M., & Méndez-Carvajal, P. G. (2021). Diversidad ecológica de aves en un hábitat fragmentado en la comunidad de Rincón Largo, Chiriquí, Panamá. *Huitzil, 22*(1), e610. https://doi.org/10.28947/hrmo.2021.22.1.492

Haag, L. M., Jauregui, A., Gonzalez, E., Colombo, M. A., & Segura, L. N. (2020). Efecto de la alteración del hábitat en la comunidad de aves de la localidad balnearia de Cariló, Argentina. *El Hornero, 35*(1), 36–46. https://doi.org/10.56178/eh.v35i1.456

Hernández Garzón, M. (2019). Análisis territorial de la problemática ambiental urbana: El caso del municipio de Facatativá, Cundinamarca, Colombia (1980–2010). *Perspectiva Geográfica, 24*(1), 92–115. https://doi.org/10.19053/01233769.9074

Hilty, S. L., & Brown, W. L. (2001). *Guía de las aves de Colombia* (H. Álvarez-López, Trad.). Asociación Colombiana de Ornitología.

Laliberté, E., Legendre, P., & Shipley, B. (2026). *FD: Measuring functional diversity (FD) from multiple traits, and other tools for functional ecology* (versión 1.0-12.5) [Paquete de R]. Comprehensive R Archive Network. https://doi.org/10.32614/CRAN.package.FD

Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: An R package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software, 25*(1), 1–18. https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01

Leyton Tafur, S. (2022). *Apropiación territorial como herramienta para la educación ambiental en el humedal Gualí, Cundinamarca*. [tesis de grado] Universidad Santo Tomás.

Lillo Rodríguez, D. (2019). *Importancia y preservación del humedal Juan Amarillo*. [tesis de grado] Fundación Universitaria Los Libertadores.

Lindemann-Matthies, P., & Bose, E. (2008). How many species are there? Public understanding and awareness of biodiversity in Switzerland. *Human Ecology, 36*(5), 731–742. https://doi.org/10.1007/s10745-008-9194-1

López-Ordoñez, J., Stiles, G., & Parra-Vergara, J. (2015). Protocolo para la medición de rasgos funcionales en aves. En B. Salgado Negrete (Ed.), *La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones* (pp. 80–126). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. http://biblioteca.humboldt.org.co/es/boletines-y-comunicados/item/839-eco-funcional

Luck, G. W., Lavorel, S., McIntyre, S., & Lumb, K. (2012). Improving the application of vertebrate trait-based frameworks to the study of ecosystem services. *Journal of Animal Ecology, 81*(5), 1065–1076. https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2012.01974.x

Este artículo no presenta ningún conflicto de intereses. Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Se permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, así como la creación de obras derivadas, siempre que se cite la fuente original.

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Luza, A. L., Barneche, D. R., Cordeiro, C. A. M. M., Dambros, C. S., Ferreira, C. E. L., Floeter, S. R., Giglio, V. J., Luiz, O. J., Mendes, T. C., Picolotto, V. A. P., Quimbayo, J. P., Silva, F. R., Waechter, L. S., Longo, G. O., & Bender, M. G. (2023). Going across taxa in functional ecology: Review and perspectives of an emerging field. *Functional Ecology, 37*(12), 3091–3110. https://doi.org/10.1111/1365-2435.14442

Mancini, F., Coghill, G. M., & Lusseau, D. (2018). Using wildlife-watching tourism to inform urban greening. *Tourism Management*, *64*, 59–66.

Marzluff, J. M. (2001). Worldwide urbanization and its effects on birds. En J. M. Marzluff, R. Bowman, & R. Donnelly (Eds.), *Avian ecology and conservation in an urbanizing world* (pp. 19–47). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1531-9_2

Mason, N., Mouillot, D., Lee, W., & Wilson, B. (2005). Functional richness, functional evenness and functional divergence: The primary components of functional diversity. *Oikos, 111*(1), 112–118. https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2005.13886.x

Mayani-Parás, F., Moreno, C., Escalona-Segura, G., Botello, F., Munguía-Carrara, M., & Sánchez-Cordero, V. (2023). Classification and distribution of functional groups of birds and mammals in Mexico. *PLOS ONE, 18*(11), Article e0287036. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287036

Merizalde, L. (2020). *Importancia de los humedales, problemática en el Perú y alternativas de solución*. [tesis de grado] Universidad Científica del Sur.

Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: Synthesis*. Island Press. https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf

Mohammedi, A., & Ababou, A. (2020). Temporal variation of Bubulcus ibis L. diet in a semi-arid Mediterranean region in north Algeria. *Journal of Arid Environments, 183*, Article 104285. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104285

Montejo Guevara, A. M. (2022). *Rehabilitación del patrimonio ecológico y social del Humedal Juan Amarillo*. [tesis de grado], Universidad Piloto de Colombia.

Mosquera, S. L., Nieto, O., & Tapia, C. (2015). *Humedales para la gente: Visiones desde lo local*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. https://biblioteca.cehum.org/handle/CEHUM2018/1678

Muñoz Varela, C. E., Undurraga, M. I., Saratscheff, T., Rannou, T., & Celis-Diez, J. L. (2018). Diversidad y conocimiento de las aves urbanas por habitantes de Santiago, Chile. En *Biodiversidad urbana en Chile: Estado del arte y los desafíos futuros* (pp. 283–315). Ediciones Universidad Central de Chile.

Novoa, V., Rojas, O., Ahumada-Rudolph, R., Sáez, K., Fierro, P., & Rojas, C. (2020). Coastal wetlands: Ecosystems affected by urbanization? *Water, 12*(3), Article 698. https://doi.org/10.3390/w12030698

Ortiz, F., Salinas, P., Piris, F., Zárate, G., Mendoza, M., Núñez, K., & Silla, F. (2022). Riqueza, composición y estructura trófica de las comunidades de aves de los humedales de Ñeembucú, Paraguay. *Reportes Científicos de la FACEN, 13*(1), 28–40. https://doi.org/10.18004/rcfacen.2022.13.1.28

Peña-Núñez, J. L., Jiménez-Ferreira, V. A., & Pasaje-Bolaños, M. J. (2017). Composición, estructura y uso de hábitat de la avifauna, en un campus universitario del piedemonte andino-amazónico de Colombia. *Revista Biodiversidad Neotropical, 7*(3), 205–220. https://doi.org/10.18636/bioneotropical.v7i3.702

Perdomo Perafan, A., & Alvarez Guayara, D. L. (2022). Valoración ambiental del transecto del Río Hacha en la comuna norte de la ciudad de Florencia, Caquetá. *Revista Environment & Technology, 2*(2), 35–54. https://doi.org/10.56205/ret.2-2.3

Perdomo, O., Salazar, P., & Fernández, L. (2018). Avifauna local: una herramienta para la conservación, el ecoturismo y la educación ambiental. *Ciencia en Desarrollo, 9*(2), 17–34. https://doi.org/10.19053/01217488.v9.n2.2018.7701

Pérez Granado, L. (2018). El aprendizaje basado en problemas como estrategia didáctica en educación superior. *Voces de la Educación, 3*(6), 155–167. https://riuma.uma.es/entities/publication/9f1150ea-339c-443c-8885-2feb48bf0b72

Ralph, C. J., Geupel, G. R., Pyle, P., Martin, T. E., DeSante, D. F., & Milá, B. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres* (Informe técnico general PSW-GTR-159). U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. https://doi.org/10.2737/PSW-GTR-159

Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Randler, C., Ilg, A., & Kern, J. (2005). Cognitive and emotional evaluation of an amphibian conservation program for elementary school students. *The Journal of Environmental Education*, *37*(1), 43–52. https://doi.org/10.3200/JOEE.37.1.43-52

Remsen, J. V., Areta, J. I., Bonaccorso, E., Claramunt, S., Jaramillo, A., Pacheco, J. F., Ribas, C., Robbins, M. B., Stiles, F. G., Stotz, D. F., & Zimmer, K. J. (2024). *A classification of the bird species of South America*. American Ornithological Society. https://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCWordFiles/SACCBaseline01.html

Renner, B. (Director). (2023). *Migration* [Película]. Illumination; Universal Pictures.

Rico-Silva, J. F., Cruz-Trujillo, E. J., & Colorado Z., G. J. (2021). Influence of environmental factors on bird diversity in greenspaces in an Amazonian city. *Urban Ecosystems, 24*(2), 365–374. https://doi.org/10.1007/s11252-020-01042-x

Rincón-Parra, V. (2018). *Impactos del cambio en los usos del suelo sobre grupos funcionales de aves en la Orinoquia colombiana: propuesta de indicadores de vulnerabilidad basados en diversidad funcional.* [tesis de grado], Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá

Rojas-Bahamón, J., Benavides, R., & Arbeláez-Campillo, D. (2021). Humedal Bruselas de Florencia, Caquetá, como ecosistema estratégico de la región Surcolombiana. *Amazonia Investiga, 10*(41), 250–266. https://doi.org/10.34069/AI/2021.41.05.24

Rolo, V., Olivier, P. I., & van Aarde, R. (2017). Tree and bird functional groups as indicators of recovery of regenerating subtropical coastal dune forests. *Restoration Ecology, 25*(5), 788–797. https://doi.org/10.1111/rec.12501

Rosenfeld, J. (2002). Functional redundancy in ecology and conservation. *Oikos, 98*(1), 156–162. https://doi.org/10.1034/j.1600-0706.2002.980116.x

Salas-Correa, Á. D., & Mancera-Rodríguez, N. J. (2020). Aves como indicadoras ecológicas de etapas sucesionales en un bosque secundario, Antioquia, Colombia. *Revista de Biología Tropical, 68*(1), 23–39. https://doi.org/10.15517/rbt.v68i1.34913

Valdez, C., Guzmán, M., Valdés, A., Forougbakhch, R., Alvarado, M., & Rocha, A. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical, 66*(4), 1674–1682. https://doi.org/10.15517/rbt.v66i4.32135

Villanueva Blas, H. D., Medina Moreno, O. A., & Sánchez Huarcaya, A. O. (2020). Estudio documental: importancia de la educación ambiental en la educación básica. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad, 3*(1), 6–14. https://doi.org/10.46380/rias.v3i1.4

Villéger, S., Miranda, J. R., Hernández, D. F., & Mouillot, D. (2010). Contrasting changes in taxonomic vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation. *Ecological Applications, 20*(6), 1512–1522. https://doi.org/10.1890/09-1310.1

Este artículo no presenta ningún conflicto de intereses. Este artículo está bajo la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Se permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, así como la creación de obras derivadas, siempre que se cite la fuente original.