

**COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE AVES ACUÁTICAS  
EN LAS LAGUNAS LA MAGDALENA Y CUSIYACO DEL PARQUE NACIONAL  
NATURAL PURACÉ – COLOMBIA**



**DAYRA VANESSA OCAMPO GUACA**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN**

**DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**

**POPAYÁN**

**2023**

**COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE AVES ACUÁTICAS  
EN LAS LAGUNAS LA MAGDALENA Y CUSIYACO DEL PARQUE NACIONAL  
NATURAL PURACÉ – COLOMBIA**

**DAYRA VANESSA OCAMPO GUACA**

**Proyecto de grado como requisito parcial para optar por el título de Bióloga**

**DIRECTOR: CHARLES S. MUÑOZ NATES, *M. Sc.***

**ASESOR: LUIS GERMÁN GÓMEZ BERNAL, *Ph. D.***

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN**

**DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA**

**POPAYÁN**

**2023**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

**Presidente: Sandra Carlina Rivas Zúñiga, *M. Sc.***

---

**Director: Charles Sidney Muñoz Nates, *M. Sc.***

---

**Asesor: Luis Germán Gómez Bernal, *Ph. D.***

---

**Jurado: Jorge Mario Becoche Mosquera, *M. Sc.***

---

**Jurado: Daniel Andrés Feriz García, *M. Sc.***

Popayán, 09 de marzo del 2023

## TABLA DE CONTENIDO

	RESUMEN	8
1.	INTRODUCCIÓN	9
2.	JUSTIFICACIÓN	11
3.	OBJETIVOS	12
3.1.	OBJETIVO GENERAL	12
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
4.	MARCO TEÓRICO	13
4.1.	DIVERSIDAD BIOLÓGICA	13
4.1.1.	Composición	13
4.1.2.	Riqueza de especies	13
4.1.3.	Estructura	13
4.1.4.	Frecuencia	13
4.1.5.	Dominancia	13
4.2.	COMUNIDAD ECOLÓGICA	14
4.3.	AVES ACUÁTICAS	14
4.3.1.	Aves acuáticas estrictas	14
4.3.2.	Aves acuáticas no estrictas	15
4.4.	ECOSISTEMAS DE PÁRAMO	15
4.5.	HUMEDALES ALTOANDINOS	15
4.6.	CATEGORIAS DE LA UICN	15
4.7.	CATEGORIAS DE ESTADO	16
4.7.1.	Residente	16
4.7.2.	Endémica	16
4.7.3.	Migratoria	16
4.7.4.	Hipotética	16
4.8.	ECOLOGÍA, HISTORIA NATURAL Y CONSERVACIÓN DE AVES ACUÁTICAS	17
5.	ANTECEDENTES	18
6.	MARCO METODOLÓGICO	20
6.1.	ÁREA DE ESTUDIO	20
6.2.	DISEÑO DE MUESTREO	22
6.3.	MÉTODOS DE MUESTREO DE AVIFAUNA ACUÁTICA	24
6.3.1.	Riqueza específica	24
6.3.2.	Frecuencia y dominancia	24

<b>6.3.3.</b>	<b>Variación espacio-temporal y estacional</b>	<b>24</b>
<b>6.4.</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b>	<b>24</b>
<b>6.4.1.</b>	<b>Riqueza específica</b>	<b>24</b>
<b>6.4.2.</b>	<b>Frecuencia y dominancia</b>	<b>24</b>
<b>6.4.3.</b>	<b>Variación espacio-temporal y estacional</b>	<b>25</b>
<b>6.4.3.1.</b>	<b>Variación espacial</b>	<b>25</b>
<b>6.4.3.2.</b>	<b>Variación temporal y estacional</b>	<b>25</b>
<b>7.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>26</b>
<b>7.1.</b>	<b>RIQUEZA ESPECÍFICA</b>	<b>26</b>
<b>7.1.1.</b>	<b>Características de la Comunidad de Aves por Familia</b>	<b>26</b>
<b>7.2.</b>	<b>REPRESENTATIVIDAD DEL MUESTREO</b>	<b>32</b>
<b>7.3</b>	<b>FRECUENCIA Y DOMINANCIA</b>	<b>32</b>
<b>7.4.</b>	<b>VARIACIÓN ESPECIO-TEMPORAL Y ESTACIONAL</b>	<b>34</b>
<b>7.4.1.</b>	<b>Variación espacial</b>	<b>34</b>
<b>7.4.2.</b>	<b>Variación temporal</b>	<b>34</b>
<b>7.4.3.</b>	<b>Variación estacional</b>	<b>35</b>
<b>8.</b>	<b>DISCUSIÓN</b>	<b>36</b>
<b>9.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>41</b>
<b>10.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>42</b>
<b>11.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>43</b>

## TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Localización general del PNN Puracé en Colombia. Fuente: Parques Nacionales Naturales de Colombia (2013).	<b>20</b>
<b>Figura 2.</b>	Ubicación de las lagunas La Magdalena y Cusiyaco en el PNN Puracé. Elaborado por: Pisso-Florez, G. A.	<b>21</b>
<b>Figura 3.</b>	Vista panorámica de las lagunas. <b>A y B:</b> Laguna Cusiyaco. <b>C y D:</b> Laguna La Magdalena. Fotos: Ocampo-G, D. V.	<b>22</b>
<b>Figura 4.</b>	<b>A:</b> Muestreo de las aves acuáticas por observación directa en la laguna Cusiyaco. Foto: Muñoz-Nates, C. S. <b>B:</b> Registro fotográfico de aves acuáticas en la laguna La Magdalena. Foto: Loaiza, G. H.	<b>23</b>
<b>Figura 5.</b>	Fotografías de especies de la familia ANATIDAE. <b>A:</b> <i>Anas georgica</i> Gmelin, 1789 (VU). <b>B:</b> <i>Anas andium</i> Sclater y Salvin, 1873 (LC). <b>C:</b> <i>Oxyura jamaicensis</i> Gmelin, 1789 (EN) hembra. <b>D:</b> <i>Oxyura jamaicensis</i> macho. Fotos: Ocampo-G, D. V.	<b>27</b>
<b>Figura 6.</b>	Fotografía de individuos de <i>Podiceps occipitalis</i> Garnot, 1826 (CR) anidando. Foto: Ocampo-G, D. V.	<b>29</b>
<b>Figura 7.</b>	Fotografías de especies de la familia SCOLOPACIDAE. <b>A:</b> <i>Gallinago jamesoni</i> Jardine y Bonaparte, 1855 (LC). <b>B:</b> <i>Tringa melanoleuca</i> Gmelin, 1789 (LC, MB). <b>C:</b> <i>Tringa flavipes</i> Gmelin, 1789 (LC, MB). Fotos: Ocampo-G, D. V.	<b>30</b>
<b>Figura 8.</b>	Fotografías de individuos de <i>Phalacrocorax brasilianus</i> Gmelin, 1789 (LC). <b>A:</b> Adulto. <b>B:</b> Subadulto. Fotos: Ocampo-G, D. V.	<b>31</b>
<b>Figura 9.</b>	Fotografía de un individuo de <i>Ardea alba</i> Linnaeus, 1758 (LC). Foto: Ocampo-G, D. V.	<b>31</b>
<b>Figura 10.</b>	Curva de interpolación (rarefacción) y extrapolación, basado en la diversidad observada (línea continua) y esperada (Línea discontinua), indicando la cobertura de la muestra.	<b>32</b>
<b>Figura 11.</b>	Perfil de diversidad empírica de la muestra.	<b>33</b>
<b>Figura 12.</b>	Perfil de diversidad estimada de la muestra.	<b>33</b>
<b>Figura 13.</b>	Valor del índice de similitud de Jaccard entre las lagunas La Magdalena y Cusiyaco.	<b>34</b>
<b>Figura 14.</b>	Variación temporal de las especies por laguna, representada por la prueba de Kruskal-Wallis.	<b>34</b>
<b>Figura 15.</b>	Variación estacional de las especies por laguna, representada por la prueba de Kruskal-Wallis.	<b>35</b>

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi padre, madre, hermanos y familia, por entregarme todo de sí, por su apoyo incondicional y por los sabios consejos a lo largo de la vida.

A mi director Charles S. Muñoz Nates *M. Sc.* y asesor Luis German Gómez Bernal *Ph. D.*, por sus enseñanzas, entrega y apoyo constante, quienes considero personas dignas de gran admiración.

Al programa de Ecología de la Fundación Universitaria de Popayán, sobre todo a Daniel Andrés Feriz García, Carlos Andrés Durán Enríquez y Nicole Estefanía Ibagón Escobar, por la oportunidad, apoyo logístico, financiero y técnico, en el marco del proyecto “Línea Base Ambiental para Determinar el Estado Ecológico de dos Ecosistemas Lénticos Valor Objeto de Conservación del Parque Nacional Natural Puracé”.

Agradezco al equipo del Parque Nacional Natural Puracé, especialmente a Gustavo Pisso Florez por la confianza y el apoyo, a Carlos Becerra, Doris Rojas, Gustavo Papamija y Faber Jiménez, por su acompañamiento en las actividades de campo. A Isaac Bedoya Dorado, jefe del Parque Nacional Natural Puracé por su apoyo en la realización de las diferentes visitas a campo.

Al Cabildo del resguardo Yanakuna Papallaqta quienes permitieron el ingreso a su territorio sagrado.

Al Grupo de Estudios en Geología, Ecología y Conservación (GECO), al Semillero de Investigación en Geología, Ecología y Conservación (ASIO) y al Museo de Historia Natural de la Universidad del Cauca por el asesoramiento.

A mis profesores, quienes compartieron sus sabios conocimientos, habilidades y experiencias profesionales durante mi formación académica.

A Karen Matabanchoy y Gabriel Loaiza por su gran ayuda en las salidas de campo.

A Jorge Mario Becoche Mosquera por su paciencia y apoyo en todo este proceso.

A Fernando Ayerbe por su colaboración, motivación y por brindarme todo su conocimiento.

A Ana, Jessica, Daniela, Laura y Dilsa, por su amistad y por el apoyo constante; con quienes he compartido gratos momentos.

## RESUMEN

El Parque Nacional Natural Puracé, presenta diversos complejos lagunares que son hábitat para gran variedad de aves acuáticas, no obstante, están sometidos a diversas amenazas naturales y antrópicas como el cambio climático, el turismo no regulado, la ganadería y los monocultivos. Este parque ha sido zona de muestreo de diferentes estudios de biodiversidad, pero no se encuentran investigaciones que involucren a la avifauna acuática presente en sus lagunas. Considerando lo anterior, este proyecto de investigación se centra en obtener información sobre la composición y estructura de la comunidad de aves acuáticas en las lagunas La Magdalena y Cusiyaco.

Este estudio se realizó en 5 salidas de campo durante el año 2021 y 2022, con un total de 226 horas efectivas de muestreo por dos observadores, donde la avifauna acuática fue cuantificada mediante 2 puntos de observación alrededor de las lagunas y teniendo en cuenta las vocalizaciones. Se identificaron 11 especies en La Magdalena y 7 en Cusiyaco, lo que equivale al 4% y 3%, respectivamente, del total de aves acuáticas reportadas para Colombia, entre ellas, *Podiceps occipitalis*, *Oxyura jamaicensis* y *Anas georgica* que se encuentran en las categorías de amenaza a nivel nacional CR, EN, VU, respectivamente, y *Calidris minutilla*, *Tringa melanoleuca* y *Tringa flavipes* que son especies migratorias boreales; adicionalmente, durante el estudio no se registraron variaciones temporales ni estacionales en los muestreos avifaunísticos. Esta investigación, aporta una línea base en el conocimiento del estado actual de las aves acuáticas de la zona sur del PNN Puracé, para la realización de futuros estudios en ecología y conservación.

**Palabras clave:** Área protegida; avifauna acuática; humedales; macizo colombiano; riqueza; variación.



## 1. INTRODUCCIÓN

Las aves están presentes en todo el mundo y en la mayoría de los hábitats, además, son uno de los grupos de vertebrados más relevantes en riqueza de especies (Wenny *et al.*, 2011). Colombia, gracias a su ubicación y a sus características geográficas, posee un total de 1966 especies de aves confirmadas (Echeverry-Galvis *et al.*, 2022), esto lo ubica como el país con mayor diversidad de aves en el mundo (Avendaño *et al.*, 2017). Un buen número de estas especies utilizan ambientes acuáticos durante alguna fase de su ciclo de vida, en especial durante la reproducción, estas equivalen aproximadamente al 14% de las aves, es decir que 280 especies de aves en Colombia son acuáticas; de las cuales el 8% son especies que están amenazadas a nivel nacional y el 6% están amenazadas a nivel global (Ruiz-Guerra y Cifuentes-Sarmiento, 2021). Las familias con mayor representación de especies son: SCOLOPACIDAE (37 spp.), LARIDAE (31 spp.), RALLIDAE (30 spp.), ANATIDAE (24 spp.) y ARDEIDAE (23 spp.), las otras familias tienen menos especies (Arzuza *et al.*, 2008).

El 61% de las aves acuáticas en Colombia son especies migratorias (173 spp.), 37 spp. son errantes (13%), 21 spp. son hipotéticas (7,5%) y el restante corresponde a aves acuáticas totalmente residentes (18,5%) (Ruiz-Guerra y Cifuentes-Sarmiento, 2021). Las especies conocidas de registros accidentales son de hábitos marinos marcados y sus registros se han limitado en varios casos a observaciones ocasionales realizadas desde barcos en mar abierto o desde los litorales (Arzuza *et al.*, 2008). El 5% de las especies acuáticas colombianas tienen poblaciones residentes y migratorias, con evidencia de reproducción principalmente en las costas del Caribe y Pacífico (Arzuza *et al.*, 2008).

De las áreas protegidas que pertenecen al Sistema de Parques Nacionales Naturales en Colombia, al menos quince involucran hábitats importantes para las aves acuáticas, representados en los ecosistemas de humedales en las costas Caribe y Pacífica, algunos en la región Andina y pocos en la Amazonía. Tal es el caso del Parque Nacional Natural Puracé (PNN Puracé), ya que presenta diversos complejos lagunares que son estratégicos para una gran variedad de aves acuáticas, no obstante, están sometidos a diversas amenazas naturales y antrópicas como el cambio climático, el turismo no regulado, el sobrepastoreo y la compactación por

pisoteo de suelos a causa de la ganadería, así como los extensivos cultivos de papa y fresa con uso intensivo de abonos químicos y agrotóxicos (Parque Nacional Natural Puracé, 2019). Este parque ha sido zona de muestreo de diferentes estudios de biodiversidad, entre estos, de aves terrestres; pero la información que involucre investigaciones sobre la avifauna acuática presente en sus lagunas es muy limitada y no ha sido publicada.

Considerando lo anterior, fue necesario obtener información sobre la comunidad de aves acuáticas de la zona sur del PNN Puracé, donde se resolvieron las siguientes preguntas de investigación: ¿cómo está compuesta y estructurada la comunidad de aves acuáticas en las lagunas La Magdalena y Cusiyaco del PNN Puracé? y ¿existe una variación espacio-temporal y estacional de la comunidad de aves acuáticas en el área de estudio? Esto, permite aportar una línea base en el conocimiento del estado actual de las aves acuáticas de la zona sur del PNN Puracé, para la realización de futuras investigaciones en ecología y conservación.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Los humedales representan uno de los sistemas naturales más productivos y una importante reserva de agua dulce (de Groot *et al.*, 2002), proporcionando múltiples servicios ecosistémicos (Trochlell y Bernthal, 1998). Si bien estos son entornos esenciales para el mantenimiento de la diversidad biológica (Gibbs, 2000), son uno de los tipos de ecosistemas que se encuentran entre los más amenazados, como consecuencia de la actividad humana (Sebastián-González *et al.*, 2013). En muchos contextos, las cuencas naturales casi han desaparecido (Ma *et al.*, 2010); esta disminución ha llevado a la protección de los humedales a nivel internacional, utilizando a las aves acuáticas como especies bioindicadoras (Ramsar Regional Centre - East Asia, 2017), considerando que los humedales son hábitats importantes para ensambles de aves tanto migratorias como residentes.

En el caso específico de los páramos, las diferentes presiones que se dan a nivel global y local afectan directamente a las aves acuáticas debido a su alta sensibilidad y la especificidad de algunas especies. Para la región Andina, la principal amenaza en los humedales es la transformación del hábitat por deforestación, el drenaje y la construcción de complejos deportivos y recreativos en los cuerpos de agua, impulsados en gran medida por la expansión de la frontera agropecuaria y urbana (Arzuza *et al.*, 2008).

Teniendo en cuenta la riqueza de la avifauna acuática en Colombia y las relaciones que existen con los ecosistemas donde habitan, es pertinente realizar estudios que generen y promuevan métodos o políticas para su conservación. Es por esto, por lo que, con la realización de este estudio, se contribuyó a una línea base en el conocimiento del estado actual de estas aves, obteniendo información sobre la riqueza específica, frecuencia, dominancia y variaciones espacio-temporales y estacionales de la comunidad de aves acuáticas en las lagunas La Magdalena y Cusiyaco del Parque Nacional Natural Puracé, esto con el fin de aportar los datos a la realización de los próximos planes de manejo y monitoreo del parque. Además de promover futuras investigaciones sobre historia natural, ecología y conservación de aves acuáticas, principalmente de aquellas con las que no se cuenta con información o está desactualizada.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la composición y estructura de la comunidad de aves acuáticas en la laguna La Magdalena y la laguna Cusiyaco del Parque Nacional Natural Puracé.

#### **3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer la riqueza específica de las aves acuáticas en la laguna La Magdalena y la laguna Cusiyaco del PNN Puracé.
- Determinar las especies frecuentes y dominantes de la comunidad de aves acuáticas en las lagunas La Magdalena y Cusiyaco.
- Identificar posibles variaciones espacio-temporales y estacionales de la comunidad de aves acuáticas en el área de estudio.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. DIVERSIDAD BIOLÓGICA

Una definición de biodiversidad incluye los aspectos de composición, estructura y función de los ecosistemas (Franklin *et al.*, 1981). La composición de la biodiversidad se refiere a la identidad y variedad de genes, poblaciones, especies, comunidades, ecosistemas y tipos de paisajes. La estructura se refiere a las formas en que están organizados los componentes, desde la estructura genética y demográfica de las poblaciones, la complejidad de hábitats hasta la fisionomía y patrones a nivel de paisaje. La función se refiere a los procesos ecológicos y evolutivos, tales como flujo génico, interacciones interespecíficas y flujo de nutrientes (Noss, 1990).

**4.1.1. Composición:** Hace referencia a la pregunta ¿qué hay en el área de interés? o ¿qué unidades biológicas están presentes? (Rincón *et al.*, 2009).

**4.1.2. Riqueza de especies:** La riqueza de especies se refiere a la cantidad de especies que conforman una comunidad biótica, también se denomina riqueza específica o solo riqueza (Stilling, 1999).

**4.1.3. Estructura:** Se refiere a la pregunta ¿cómo están organizadas las unidades biológicas en espacio y en tiempo? Cada elemento de la biodiversidad está organizado o distribuido espacialmente, por ejemplo, por causa de un gradiente de algún parámetro físico penetración de la luz, concentración de oxígeno, etc. Otro criterio se relaciona con la temporalidad, fenómenos cíclicos como estacionalidad de lluvias, sequías, etc. (Rincón *et al.*, 2009).

**4.1.4. Frecuencia:** De acuerdo con Balbinot *et al.* (2016), la frecuencia expresa la uniformidad de la distribución horizontal de cada especie en el campo.

**4.1.5. Dominancia:** Estos atributos se relacionan con la estructura cuantitativa y la diversidad de las comunidades. La dominancia se refiere a la proporción de especies que son muy abundantes en la comunidad (Valverde *et al.*, 2005).

## 4.2. COMUNIDAD ECOLÓGICA

Los ecólogos de comunidades tienen como objetivo detectar las agrupaciones de especies, cómo se distribuyen en la naturaleza e identificar los procesos que determinan la diversidad de las comunidades naturales y la dinámica de las especies que la constituyen (Gee y Giller, 1987), para ello se utiliza este término, que incluye al grupo de organismos de distintas especies que conviven en un lugar y tiempo determinado, donde muchos de ellos están interactuando entre sí en un marco de relaciones horizontales y verticales (Valverde *et al.*, 2005).

## 4.3. AVES ACUÁTICAS

La definición más utilizada y difundida es: “las aves acuáticas son especies de aves que ecológicamente depende de los humedales” por la Secretaría de la Convención de Ramsar (2006). Sin embargo, esta definición excluye parte de las aves exclusivamente marinas y en especial aquellas de hábitos pelágicos. Una definición más amplia es la empleada por Estela *et al.* (2010): “las aves acuáticas se definen como aquellas especies que utilizan ecosistemas dominados por cuerpos de agua, durante buena parte de su ciclo biológico”. Una construcción mucho más amplia podría ser la que se refiere a las aves acuáticas como un grupo diverso de especies de aves que están asociadas ecológica y taxonómicamente con el agua durante una o varias partes de su ciclo de vida; en este sentido la palabra agua acoge desde ambientes costeros, marinos y de interior (Ruiz-Guerra, 2012).

**4.3.1. Aves acuáticas estrictas:** La principal característica de este grupo, es la presencia de adaptaciones anatómicas y fisiológicas, como lo es el plumaje muy denso e impermeable en la mayoría de las especies por la acción de grasas o polvos producidos por glándulas especiales, o la escasa irrigación sanguínea que presentan sus patas, cuya temperatura se mantiene por debajo de la del resto del cuerpo, para así evitar la pérdida de calor en el contacto con el agua (Ruiz-Guerra, 2012). También pueden contar con patas largas, dedos palmeados o semipalmeados, picos filtradores, cuellos largos, respiración traqueal, entre otras (Ruiz-Guerra y Cifuentes-Sarmiento, 2021).

**4.3.2. Aves acuáticas no estrictas:** Aunque no presentan adaptaciones aparentes para la vida en ambientes acuáticos como el resto de los grupos que los preceden, estas aves se asocian principalmente a la vegetación que está dentro o que rodea los humedales y ríos (Ruiz-Guerra y Cifuentes-Sarmiento, 2021).

#### **4.4. ECOSISTEMA DE PÁRAMO**

El páramo es un ecosistema de alta montaña que se encuentra por encima de los 3000 m s.n.m., comprende extensas zonas entre el bosque altoandino y el límite inferior de las nieves perpetúas (Cuatrecasas, 1958). Es un sistema fragmentado debido a su posición en las montañas y que ha sido afectado por ciclos climáticos, por ello, la influencia de las fluctuaciones climáticas es fundamental para entender los patrones de especiación y riqueza de especies en la zona del páramo (Rangel, 2000), ya que por ejemplo las variaciones en temperatura diaria son tan fuertes, que los organismos deben tener adaptaciones para soportar el frío o mecanismos que generen resistencia a la congelación, a la fuerte intensidad de radiación solar y los fuertes vientos para poder sobrevivir (Sarmiento, 1986); motivo por el cual, la diversidad de estos ecosistemas tiende a ser baja, pues pocas especies pueden soportar estas condiciones.

#### **4.5. HUMEDALES ALTOANDINOS**

Los humedales como lagos, lagunas y turberas de los altos Andes, son ecosistemas con una gran importancia estratégica por su valor ecológico, económico, social y cultural. La convención de Ramsar considera los humedales altoandinos como ecosistemas de gran fragilidad asociada a causas naturales como el cambio climático, las sequías prolongadas y la intervención humana; mucho de estos humedales se están perdiendo de manera acelerada, sobre todo, por el mal manejo y desconocimiento de su importancia económica y ecológica (WWF, 2005).

#### **4.6. CATEGORÍAS DE LA UICN**

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) desarrolló un procedimiento de evaluación de riesgo de extinción de las especies basado en un

sistema de categorías y criterios, este sistema se basa en estimaciones de tamaños de población y tamaños de distribución, así como en tendencias y velocidades de cambios de estas variables (IUCN, 2013).

Las categorías que se pueden dar son (IUCN, 2012): Extinto (EX), Extinto en Estado Silvestre (EW), En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU), Casi Amenazado (NT), Preocupación Menor (LC), Datos Insuficientes (DD) y No Evaluado (NE).

#### **4.7. CATEGORÍAS DE ESTADO**

Se siguen las categorías de estado utilizadas y descritas en Avendaño *et al.* (2017) y Echeverry-Galvis *et al.* (2022):

**4.7.1. Residente:** Especies que cuentan con registros en el país y con probabilidad de ser detectadas en cualquier época del año.

**4.7.2. Endémica:** Especie cuya distribución geográfica está contenida solamente dentro de los límites políticos del país.

**4.7.3. Migratoria:** Cualquier especie que se reproduce fuera del territorio colombiano, pero que pasa parte de su ciclo anual en el país.

• **Austral:** Poblaciones migratorias del sur de Suramérica (presentes en Colombia entre mayo y septiembre) (Ayerbe-Quiñones, 2022).

• **Boreal:** Poblaciones migratorias de Norteamérica (presentes en Colombia entre septiembre y abril) (Ayerbe-Quiñones, 2022).

**4.7.4. Hipotética:** Son especies cuya presencia está soportada solo por registros visuales o descripciones de observaciones formalmente publicadas (Hilty y Brown 1986).



#### **4.8. ECOLOGÍA, HISTORIA NATURAL Y CONSERVACIÓN DE AVES ACUÁTICAS**

Como se menciona anteriormente, las aves acuáticas tienen adaptaciones específicas que les permiten utilizar recursos particulares en un ecosistema acuático y limitar la competencia directa con otras especies (Ruiz-Guerra y Cifuentes-Sarmiento, 2021). Estas cumplen importantes roles como ser dispersoras de semillas y aportadoras de materia orgánica con el excremento, proporcionando nitrógeno y fósforo a los suelos y océanos, contribución importante de nutrientes para el ciclo vital del planeta (Blanco, 2000).

Los humedales a su vez proveen a las aves acuáticas recursos alimenticios, sitios de refugio, nidificación, cría y muda de plumaje. Además, muchos de estos ambientes son importantes áreas de concentración durante el período de muda de plumaje o la migración anual (Blanco, 2000). Sin embargo, aún existen grandes vacíos de conocimiento sobre la historia natural de estas aves neotropicales, que impiden entender las respuestas de las especies a los cambios ambientales (Ruiz-Guerra y Cifuentes-Sarmiento, 2021).

Las aves acuáticas pueden estar más amenazadas que otras especies de aves y las causas de la disminución de sus poblaciones son debido a los cambios generados por la destrucción y reducción de los hábitat, por la extensión de la frontera agrícola y la alta presión de caza a la que están siendo sometidas para tráfico y comercialización (Arzuza *et al.*, 2008). Estas son las razones por las cuales un número importante de especies se encuentran extintas globalmente, como es el caso del Zambullidor bogotano (*Podiceps andinus*), especie endémica de Colombia. En la actualidad son llevadas a cabo acciones para la generación de estrategias de conservación que serán aplicadas en el futuro (Arzuza *et al.*, 2008).

## 5. ANTECEDENTES

Los ecosistemas acuáticos, a causa de su relativa simplicidad estructural y de la facilidad con que en los mismos se pueden medir los efectos de la estacionalidad, representan un buen medio para documentar las respuestas de las aves a las fluctuaciones ambientales (Amat, 1984). Sin embargo, son muy pocos los estudios en los que se ha intentado determinar la estacionalidad en la organización de las comunidades de aves acuáticas.

Las investigaciones en Colombia sobre aves acuáticas han sido relativamente recientes, comparadas con los estudios sobre aves terrestres. Entre 1940 y 1959, los principales aportes fueron hechos por José Ignacio Borrero y Armando Dugand; mientras el primero tuvo un marcado interés por la recopilación de información sobre la familia ANATIDAE como recurso cinegético (Borrero, 1958), varios de los trabajos de Dugand (1947) fueron los primeros en concentrarse en especies asociadas a ambientes marinos.

En las últimas décadas, se han producido más trabajos de investigación sobre aves acuáticas, sin embargo, menos de la mitad de estas investigaciones han sido publicadas y por lo tanto el acceso a la información que contienen es limitado. De estas, se tiene el conocimiento de que la mayoría de las especies de aves acuáticas colombianas (122 spp) han sido registradas en ecosistemas de agua dulce, principalmente en humedales lénticos, pero el número de taxones exclusivamente marinos (78 spp) es también considerable y 56 especies se han encontrado tanto en ecosistemas marinos como de agua dulce. La región del país en donde se ha registrado la mayor riqueza de aves acuáticas es el Caribe (165 spp), seguida por la región del Pacífico con 142 spp y la región Andina con 114 spp (Naranjo y Bravo, 2004).

En la actualidad se ha confirmado la presencia de nuevas especies de aves marinas y se ha ampliado la distribución conocida para otras (Naranjo y Bravo, 2004). Uno de los estudios más completos es el publicado por la Asociación Calidris en el año 2012, en el que se menciona que existen 266 especies de aves acuáticas (239 son aves acuáticas estrictas y 27 son no estrictas). Este documento sigue la taxonomía descrita

por Remsen *et al.* (2012) e incluye el listado de aves marinas de Estela *et al.* (2010) y el listado de aves playeras de Johnston-González *et al.* (2010) (Ruiz-Guerra, 2012).

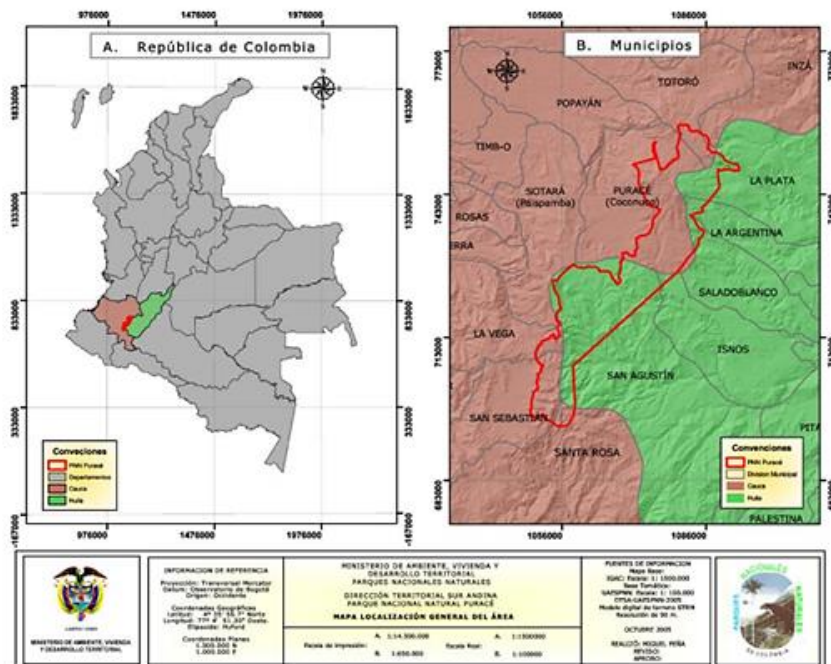
En el año 2021, la Asociación Calidris actualiza el listado de especies y publica “Aves Acuáticas de Colombia”, donde se evidencian 280 especies correspondientes a 18 órdenes y 46 familias, siguiendo la taxonomía de Remsen *et al.* (2019), tomando las categorías de amenaza a escala global de la IUCN (2021), las categorías de amenaza a escala nacional siguen a Renjifo *et al.* (2016) y las categorías de migración se consideraron las propuestas en Naranjo *et al.* (2012). Cabe resaltar que, de estas 280 especies, 46 están en alguna categoría de amenaza: trece en Casi Amenazadas (NT), trece en Vulnerable (VU), doce En Peligro (EN), seis en Peligro Crítico (CR) y dos especies en categoría de Extinto (EX) (Ayerbe-Quiñones, 2022).

Actualmente y desde 1992, en Colombia se lleva a cabo el Censo Neotropical de Aves Acuáticas (CNAA) dos veces al año (en febrero y julio), apoyado por la Asociación Calidris y la Red Nacional de Observadores de Aves. Este es un programa que fue creado para recolectar información sobre números y distribución de aves acuáticas de la Región Neotropical, como parte de los censos internacionales de aves acuáticas el cual es coordinado por la organización Wetlands International (Wetlands International, 2017). Como resultado de estos censos, se ha logrado obtener nueva información interesante de diferentes especies en muchas zonas de Colombia.

## 6. MARCO METODOLÓGICO

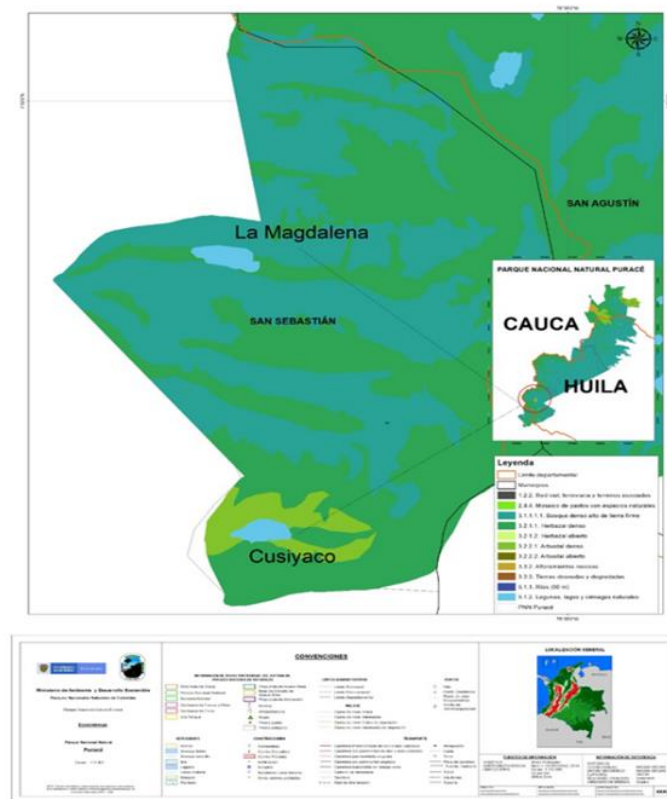
### 6.1. ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Natural Puracé (PNN Puracé), localizado en el Macizo colombiano, se encuentra entre los departamentos del Cauca y el Huila, en la cordillera Central de los Andes de Colombia (Figura 1.). Este parque cuenta con una extensión de 92.016,102 ha, temperatura promedio de 3 °C a 18 °C, con un clima considerado frío y altitudes que van desde 2.350 m s.n.m. a los 4.700 m s.n.m. (Bonilla-Valencia *et al.*, 2019). Es un área que protege ecosistemas como las zonas nivales, páramos, bosques altoandinos y bosques andinos (Hernández-Guzmán *et al.*, 2011; Bonilla-Valencia *et al.*, 2019). Es considerado como una de las estrellas hídricas más primordiales del país, ya que ahí nacen tres de los ríos más importantes de Colombia: el Magdalena, el Cauca y el Caquetá (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2013). Entre los Valores Objeto de Conservación (VOC) del parque, sobresalen las lagunas La Magdalena, Cusiyaco, El Buey, Andulvio/San Rafael y Complejo lagunar Sánchez, como recurso hídrico (Parque Nacional Natural Puracé, 2019).

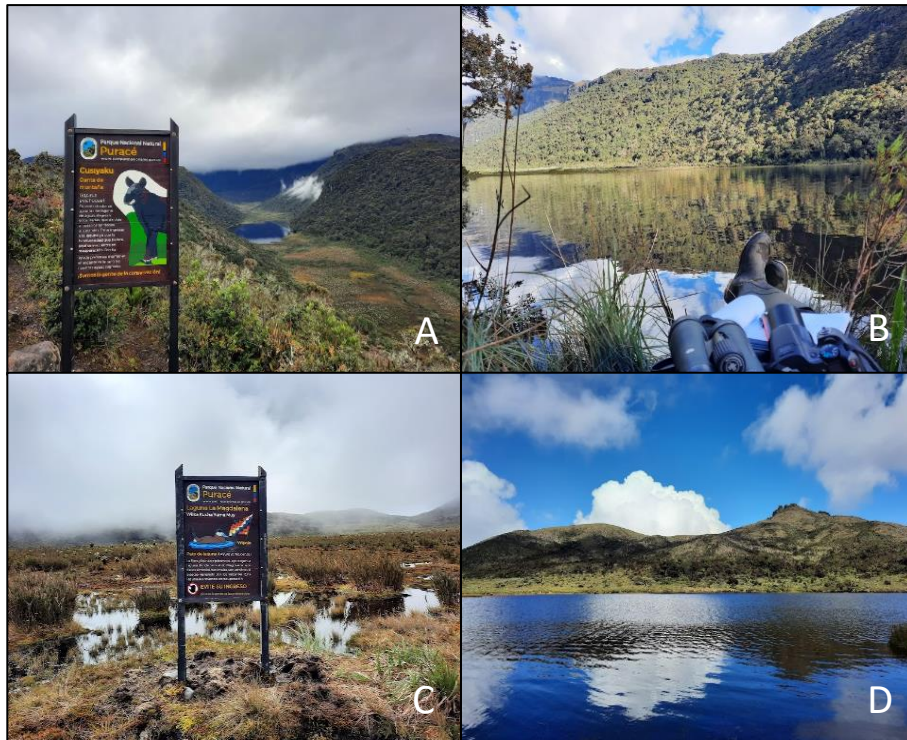


**Figura 1.** Localización general del PNN Puracé en Colombia. Fuente: Parques Nacionales Naturales de Colombia (2013).

Los registros se realizaron en los ecosistemas lénticos del PNN Puracé correspondientes a la laguna La Magdalena (1°56'4.67" N – 76°36'31.06" O), con una altura de 3.460 m s.n.m., un perímetro de 1.21 km y un área de 7,77 ha, está ubicada al sur del área protegida en el municipio de San Agustín-Huila (Ocampo-G *et al.*, 2022) y la laguna Cusiyaco (1°53'46.66" N – 76°37'14.01" O) con una altura de 3.200 m s.n.m., un perímetro de 2.16 km y un área de 18.6 ha, ubicada al sur del parque en el municipio de San Sebastián-Cauca (Figura 2); las cuales se encuentran dentro de las áreas de manejo determinadas por el área protegida y que corresponden a las cuencas de los ríos del alto Magdalena y alto Caquetá, respectivamente (Hernández-Guzmán *et al.*, 2011; Bonilla-Valencia *et al.*, 2019). La laguna Cusiyaco se encuentra entre dos cuerpos montañosos, presenta zonas de bosque altoandino hacia las zonas con pendiente y páramo hacia la zona plana (Figura 3A y 3B), mientras, La Magdalena yace sobre una gran zona plana en ecosistema de páramo (Cuatrecasas, 1958) (Figura 3C y 3D).



**Figura 2.** Ubicación de las lagunas La Magdalena y Cusiyaco en el PNN Puracé. Elaborado por: Pisso-Florez, G. A.



**Figura 3.** Vista panorámica de las lagunas. **A y B:** Laguna Cusiyaco. **C y D:** Laguna La Magdalena. Fotos: Ocampo-G, D. V.

## 6.2. DISEÑO DE MUESTREO

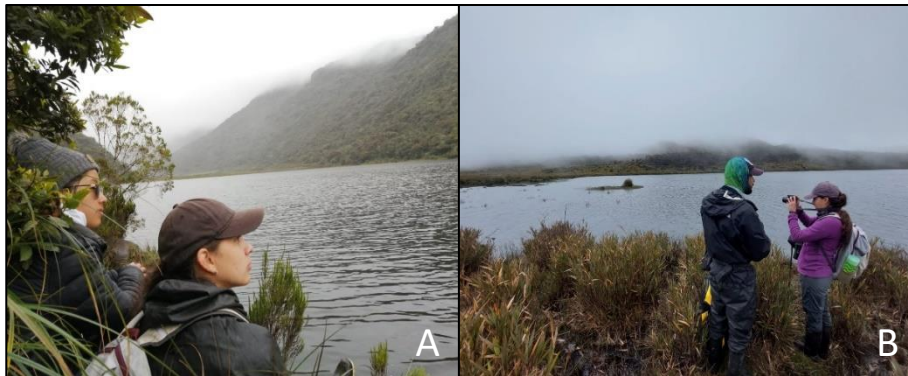
Se realizó una salida preliminar en abril de 2021 y cinco salidas de campo: la primera en julio, la segunda en agosto, la tercera en octubre, la cuarta entre noviembre y diciembre de 2021 y la quinta en marzo de 2022, cada salida tuvo una duración de seis días, tres días efectivos de muestreo por laguna, en las que se muestrearon los alrededores de los dos cuerpos de agua.

En cada laguna, se ubicaron dos puntos de observación de manera aleatoria, para los cuales, el criterio era que estos puntos permitieran registrar las aves que se encontraban en el lugar, abarcando los espejos de agua, orillas y zonas de vegetación emergente (Bibby *et al.*, 2000). Siguiendo la metodología de Naoki *et al.* (2014), se registraron todas las aves observadas dentro de los límites de las lagunas por observación directa (Figura 4A), con binoculares Vortex diamonback (8x42) y por vocalizaciones; esto se realizó durante cinco horas por día, alternando los horarios de llegada para tener un rango amplio de observación así: primer día de 07h00 a 12h00, segundo día de 10h00 a 15h00 y tercer día de 12h00 y 17h00. Los

muestreos se detuvieron en los casos donde existieron fuertes lluvias y vientos. Obteniendo un total de 226 horas efectivas de muestreo por dos observadores.

Para cada ave observada se registraron los siguientes atributos: localidad y hábitat donde se observa, fecha y hora, periodo climático (seco, lluvia), tiempo atmosférico (soleado, parcialmente nublado, nublado, neblina, lluvia), determinación taxonómica hasta especie, sexo (si presentaba dimorfismo sexual), estado de desarrollo (polluelo, juvenil, subadulto, adulto), agrupación de individuos (solitario, en parejas o en grupo), estado de conservación (a nivel global y nacional), endemismo (en caso de serlo), migración (en caso de serlo) y comentarios adicionales de comportamiento y alimentación, según la metodología propuesta por Villarreal *et al.* (2006).

Se tomaron fotografías de los individuos (Figura 4B), para obtener registros visuales que ayudaran a la identificación de las especies, las cuales se determinaron taxonómicamente con la ayuda de la Guía de las Aves de Colombia (Hilty y Brown, 2001) y la Guía Ilustrada de la Avifauna Colombiana (Ayerbe-Quiñones, 2022). Cabe resaltar, que también se tuvo en cuenta las vocalizaciones de las aves, para una mejor identificación de las especies y se revisó cantos en la página oficial de Xeno-Canto (*Website © 2005-2022 Xeno-canto Foundation*).



**Figura 4. A:** Muestreo de aves acuáticas por observación directa en la laguna Cusiyaco. Foto: Muñoz-Nates, C. S. **B:** Registro fotográfico de aves acuáticas en la laguna La Magdalena. Foto: Loaiza, G. H.

### 6.3. MÉTODOS DE MUESTREO DE AVIFAUNA ACUÁTICA

**6.3.1. Riqueza específica:** En la libreta de campo, se tomó registro de todas las especies observadas cada día en cada laguna durante las cinco horas.

**6.3.2. Frecuencia y dominancia:** Se tomó apuntes de todos los individuos por especie muestreados durante las salidas de campo.

**6.3.3. Variación espacio-temporal y estacional:** Para identificar si existía una variación espacio-temporal, se comparó la riqueza específica de las aves entre las dos lagunas muestreadas y entre tres grupos de hora del día: mañana (07h00 - 10h20), medio día (10h20 - 13h40) y tarde (13h40 - 17h00) (Naoki *et al.*, 2014). Para la variación estacional, se comparó la riqueza de las aves en ambas lagunas, teniendo en cuenta el tiempo atmosférico (soleado, parcialmente nublado, nublado, neblina, lluvia).

### 6.4. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

#### 6.4.1. Riqueza específica

Se generó un listado de todas las especies observadas en cada laguna, siguiendo la taxonomía descrita por Remsen *et al.* (2022). Se elaboraron curvas de rarefacción y extrapolación a partir de la cobertura de muestra, lo que indica la proporción de la diversidad total que es representada por esta (Chao y Jost, 2012; Maya-Girón *et al.*, 2023).

#### 6.4.2. Frecuencia y dominancia

Se calcularon los números de Hill del orden  $q_0$ ,  $q_1$  y  $q_2$  realizando mil remuestreos (bootstrap o aleatorizaciones con reemplazo) con intervalos de confianza del 95% (Chao *et al.*, 2014, Hsieh *et al.*, 2016). Los números de Hill del orden  $q_0$ , al ser insensibles a las abundancias, son equivalentes a la riqueza de especies (Moreno *et al.*, 2011). Los números de Hill del orden  $q_1$  corresponden a las especies frecuentes en la comunidad y los números de Hill del orden  $q_2$  representan la dominancia y equidad de especies por laguna (Magurran, 1988; Jost, 2006).



Los cálculos se realizaron utilizando el paquete iNEXT (iNterpolation/EXTrapolation) (Chao *et al.*, 2016), en el lenguaje de programación R (RStudio Team, 2022).

### **6.4.3. Variación espacio-temporal y estacional**

**6.4.3.1. Variación espacial:** Para determinar si existe variación en las aves acuáticas entre las lagunas evaluadas, se calculó el índice de Jaccard, el cual relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas, lo que expresa la semejanza entre dos muestras, considerando únicamente la composición de especies, es decir la incidencia de estas (Real y Vargas, 1996; Villarreal *et al.*, 2006). Se obtiene un resultado entre 0 y 1, donde 0 significa que las zonas no presentan especies en común y tiende a 1 a medida que aumenta el número de especies compartidas (Real y Vargas, 1996). Este análisis se llevó a cabo en el software estadístico Past 4.03 (Hammer *et al.*, 2001).

**6.4.3.2. Variación temporal y estacional:** Para evaluar la variación temporal de las observaciones avifaunísticas, se comparó la riqueza de aves entre los tres grupos de hora del día: mañana (07h00 - 10h20), medio día (10h20 - 13h40) y tarde (13h40 - 17h00). Para evaluar la variación estacional, se comparó la riqueza específica en los cinco tiempos atmosféricos: soleado, parcialmente nublado, nublado, neblina y lluvia.

Se aplicó la prueba Kruskal-Wallis, la cual es una prueba no paramétrica basada en el rango, puede utilizarse para corroborar si existen diferencias significativas a nivel estadístico entre dos o más grupos de una variable independiente en una variable dependiente ordinal o continua (Kruskal y Wallis, 1952). Estos análisis se llevaron a cabo usando los paquetes estadísticos “rlang” y “ggplot2” en lenguaje de programación R (Wickham, 2016; Henry y Wickham 2022; RStudio Team, 2022).

## 7. RESULTADOS

### 7.1. RIQUEZA ESPECÍFICA

Durante los muestreos se registraron once especies (siete para la laguna Cusiyaco y once para La Magdalena), agrupadas en ocho géneros, cinco familias y cinco órdenes como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Distribución de la avifauna acuática observada por laguna, siguiendo la taxonomía descrita por Remsen *et al.* (2022) y presencia por laguna.

Orden	Familia	Género	Especie	Cusiyaco	La Magdalena
ANSERIFORMES	ANATIDAE	<i>Anas</i>	<i>Anas georgica</i>	Si	Si
			<i>Anas andium</i>	Si	Si
		<i>Oxyura</i>	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Si	Si
PODICIPEDIFORMES	PODICIPEDIDAE	<i>Podiceps</i>	<i>Podiceps occipitalis</i>	Si	Si
CHARADRIIFORMES	SCOLOPACIDAE		<i>Calidris minutilla</i>	No	Si
		<i>Calidris</i>	<i>Gallinago jamesoni</i>	No	Si
		<i>Gallinago</i>	<i>Gallinago nobilis</i>	Si	Si
		<i>Tringa</i>	<i>Tringa melanoleuca</i>	No	Si
			<i>Tringa flavipes</i>	No	Si
SULIFORMES	PHALACROCORACIDAE	<i>Phalacrocorax</i>	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Si	Si
PELECANIFORMES	ARDEIDAE	<i>Ardea</i>	<i>Ardea alba</i>	Si	Si

#### 7.1.1. Características de la Comunidad de Aves por Familia

##### Especies de la familia ANATIDAE Leach, 1820

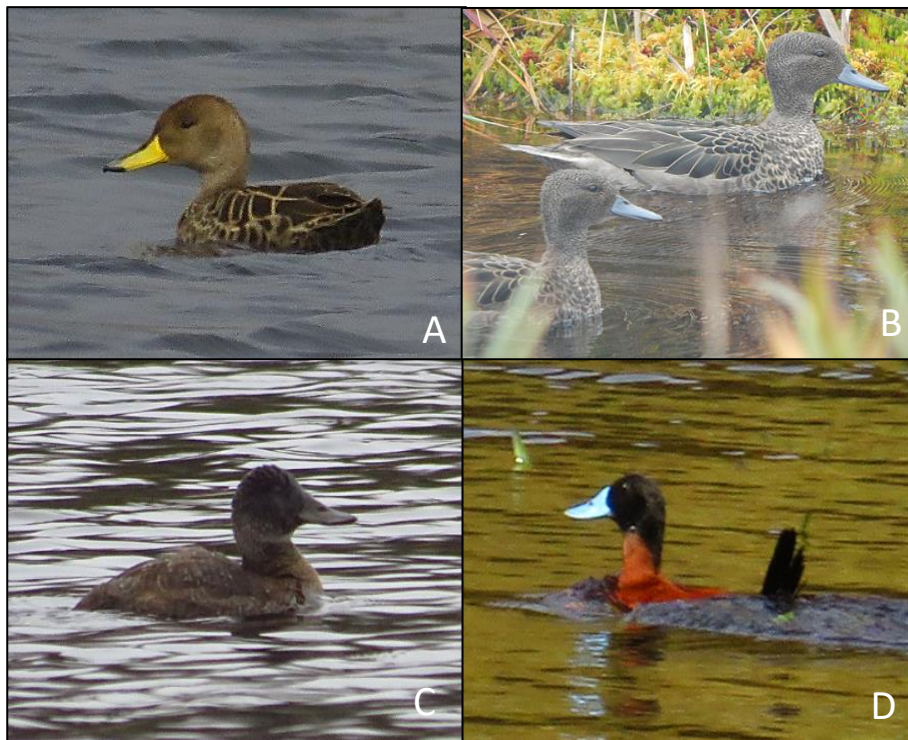
Se observaron nadando constantemente en las lagunas, la mayoría de las ocasiones cerca del borde, en el caso de *A. andium* y *A. georgica* por la vegetación emergente (Figura 5A y 5B) y en el caso de *O. jamaicensis* en el espejo lagunar (Figura 5C y 5D). En algunas ocasiones tomaron vuelos para trasladarse de un extremo de la laguna al otro; sin embargo, no se vio a individuos de *O. jamaicensis* tomando vuelos.

Forrajeaban con la cabeza baja, haciendo movimientos de lado a lado con ella en busca de alimento y se alimentan sumergiendo su cabeza y pico por aproximadamente 10 segundos, manteniendo su cola hacia arriba e impulsándose con las patas. *A. andium* y *A. georgica* se observaron en parejas la mayoría del tiempo y *O. jamaicensis* en grupos con individuos de su misma especie y con

individuos de especies diferentes. Tanto *A. andium* como *O. jamaicensis* hacían vocalizaciones y llamados cuando se sentían alerta, estos sonidos eran cortos, repetitivos y fuertes.

En el mes de noviembre de 2021 se registró un individuo juvenil de *A. andium*, que además de nadar, tomaba vuelos cortos acompañado de dos individuos adultos de su misma especie; también se observó a individuos de *A. georgica* anidando en medio de la vegetación emergente compuesta por chusque (*Chusquea tessellata*) y pajonal (*Calamagrostis effusa*).

Es importante mencionar que *A. georgica* se encuentra en Vulnerable (VU) y *O. jamaicensis* En Peligro (EN) a nivel nacional según la categorización de Renjifo *et al.* (2016) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017), mientras *A. andium* se encuentra en Preocupación Menor (LC) según la IUCN (2022). Por otra parte, existe una subespecie de *O. jamaicensis* (*Oxyura jamaicensis andina*) que es endémica para Colombia (Ayerbe-Quiñones, 2022).



**Figura 5.** Fotografías de especies de la familia ANATIDAE. **A:** *Anas georgica* Gmelin, 1789 (VU). **B:** *Anas andium* Sclater y Salvin, 1873 (LC). **C:** *Oxyura jamaicensis* Gmelin, 1789 (EN) hembra. **D:** *Oxyura jamaicensis* macho. Fotos: Ocampo-G, D. V.

### **Especie de la familia PODICIPEDIDAE Fürbringer, 1888**

Los individuos de *P. occipitalis*, se observaron nadando constantemente alrededor de toda la laguna, tanto en pareja como en grupo con individuos de su misma especie. No se registró a ningún individuo tomando vuelos. Forrajeaban en busca de alimento agachando su cabeza muy cerca de la superficie de la laguna y se zambullían constantemente por aproximadamente 40 segundos. Emitían vocalizaciones muy cortas, poco perceptibles y repetitivas, en la mayoría de las ocasiones cuando el día estaba nublado.

Durante los meses de agosto y octubre de 2021, se pudo registrar eventos de cortejo, apareamiento y anidación entre dos parejas de esta especie. Se observó un nido en agosto de 2021, sobre el pajonal y el chusque del borde de la laguna, y en octubre de 2021 se observó un nido en forma de montículo con plantas (Cyperaceae y *Chusquea*) que emergía del agua (Figura 6) (Ocampo-G *et al.*, 2022).

En diciembre de 2021, se avistaron tres individuos adultos y un polluelo al interior de la laguna. El polluelo presentaba plumones en todo el cuerpo, no se observaron plumas de vuelo desarrolladas; presentaba coloración gris clara en su cuerpo y a diferencia de los adultos, sus ojos eran café oscuro. También se observó que los adultos se desplazaban alrededor de toda la laguna forrajeando y zambulléndose en busca de alimento, y durante todo ese tiempo el polluelo los siguió; este no se registró haciendo inmersiones. Cabe resaltar que, en este registro, los individuos adultos y el polluelo permanecían alertas y distantes, contrario a las anteriores salidas, donde los adultos eran mansos y se acercaban muy curiosos (Ocampo-G *et al.*, 2022).

Es una especie que durante abril y diciembre de 2021 solo se registró en la laguna La Magdalena, mientras que en marzo de 2022 se registró también en Cusiayaco un solo individuo, muy al borde de la laguna y forrajeando en un solo sector de esta. La subespecie que se encuentra en Colombia es *P. occipitalis juninensis* (Remsen *et al.*, 2022) y es una especie que a nivel global se encuentra en Preocupación Menor (LC) (IUCN, 2022), sin embargo, a nivel nacional es una especie que se encuentra bajo la categoría de Peligro Crítico de extinción (CR) (Renjifo *et al.*, 2016; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).



**Figura 6.** Fotografía de individuos de *Podiceps occipitalis* Garnot, 1826 (CR) anidando. Foto: Ocampo-G, D. V.

### **Especies de la familia SCOLOPACIDAE Rafinesque, 1815**

*C. minutilla* fue registrado al borde de la laguna en medio de la vegetación de ciperáceas forrajeando y alimentándose, también se observó sobrevolando la laguna mientras vocalizaba de manera corta, fuerte y repetitiva.

*G. nobilis* y *G. jamesoni* se observaron tomando vuelos cortos en medio de la zona inundable del páramo, muy cerca de las lagunas; en el caso de *G. nobilis*, emitía fuertes vocalizaciones en cada vuelo, mientras que *G. jamesoni* no (Figura 7A). Se alimentaban introduciendo su largo pico en el fango y lo movían de manera constante en busca de pequeños invertebrados.

*T. melanoleuca* y *T. flavipes*, al igual que *C. minutilla*, fueron registradas al borde de la laguna en medio de la vegetación, forrajeando y alimentándose, en el caso de *T. melanoleuca* (Figura 7B), esta tomaba vuelos cortos para desplazarse de un borde de la laguna al otro y en cada vuelo emitía vocalizaciones fuertes y repetitivas, mientras que a *T. flavipes* no se observó volando ni vocalizando (Figura 7C).

A todos los individuos representantes de esta familia, en todas las ocasiones se les vio solitarios. Cabe resaltar que *G. nobilis* se encuentra en la categoría Casi Amenazado (NT), mientras que el resto se encuentran en Preocupación Menor (LC) a nivel global (IUCN, 2022). Por otra parte, tanto, *C. minutilla* como *T. melanoleuca* y *T. flavipes* son especies Migratorias Boreales (MB), es decir, que

entre septiembre y abril migran desde Norteamérica hacia el neotrópico para alimentarse y conseguir refugio. (Ayerbe-Quiñones, 2022).



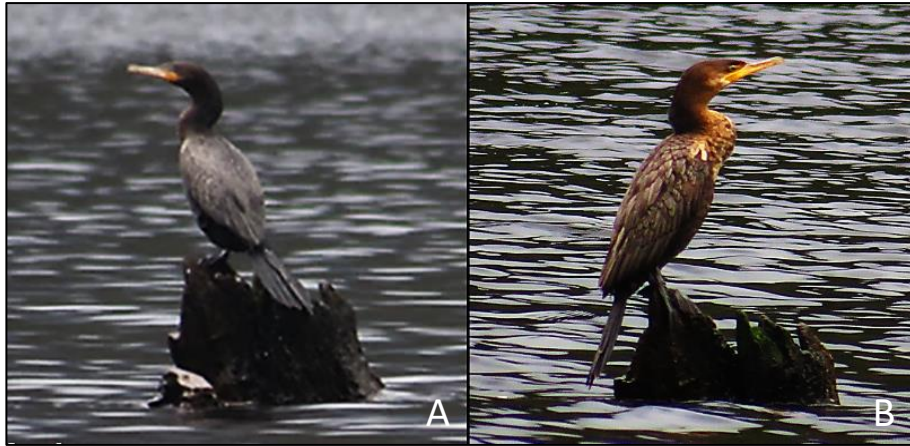
**Figura 7.** Fotografías de especies de la familia SCOLOPACIDAE. **A:** *Gallinago jamesoni* Jardine y Bonaparte, 1855 (LC). **B:** *Tringa melanoleuca* Gmelin, 1789 (LC, MB). **C:** *Tringa flavipes* Gmelin, 1789 (LC, MB). Fotos: Ocampo-G, D. V.

#### **Especie de la familia PHALACROCORACIDAE Reichenbach, 1849**

El *P. brasiliensis* es una especie que se vio solitaria entre abril y agosto de 2021, destacando que se observaba un individuo adulto (Figura 8A), mientras que desde octubre de 2021 se registraron de cuatro a cinco individuos entre juveniles y subadultos (Figura 8B), que permanecían la mayoría del tiempo cerca unos de otros.

Algunas veces nadaban y buceaban en busca de alimento por aproximadamente 30 segundos, el resto del tiempo fueron observados posados sobre troncos en medio de la laguna o al borde de ella, tomando “baños de sol” y realizaban vuelos para trasladarse de un lugar a otro dentro de la laguna. En ninguna ocasión se observaron saliendo del cuerpo lagunar, ni emitiendo vocalización alguna.

Es una especie que durante abril y diciembre de 2021 solo se registró en Cusiyaco, mientras que en marzo de 2022 se registró también en La Magdalena un solo individuo que llegó volando a la laguna y comenzó a forrajear en esta. Actualmente, se encuentra en Preocupación Menor (LC) a nivel global (IUCN, 2022).



**Figura 8.** Fotografías de individuos de *Phalacrocorax brasilianus* Gmelin, 1789 (LC). **A:** Adulto. **B:** Subadulto. Fotos: Ocampo-G, D. V.

**Especie de la familia ARDEIDAE Reichenbach, 1849**

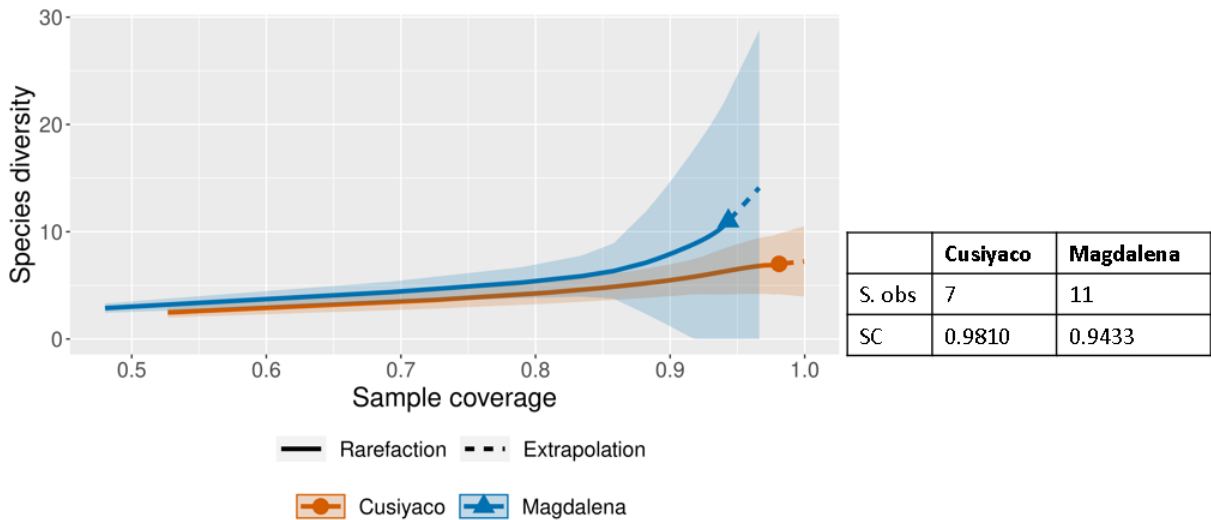
Solo se observaron individuos de *A. alba* en el mes de julio de 2021 (Figura 9); en el caso de La Magdalena solo se observaron sobrevolando el páramo y la laguna, y en Cusiyaco se observaron al borde de la laguna alimentándose a lo largo del muestreo. En ambas ocasiones en grupo (tres individuos en La Magdalena y cuatro en Cusiyaco).



**Figura 9.** Fotografía de un individuo de *Ardea alba* Linnaeus, 1758 (LC). Foto: Ocampo-G, D. V.

### 7.1.2. REPRESENTATIVIDAD DEL MUESTREO

Teniendo en cuenta la curva de interpolación y extrapolación basado en la cobertura de la muestra, la representatividad del muestreo fue de 0,98 (98%) para la laguna Cusiyaco y 0,94 (94%) para La Magdalena, es decir, que la comunidad muestreada en ambas lagunas fue representativa de la riqueza total presente (Villarreal *et al.*, 2006) (Figura 10).

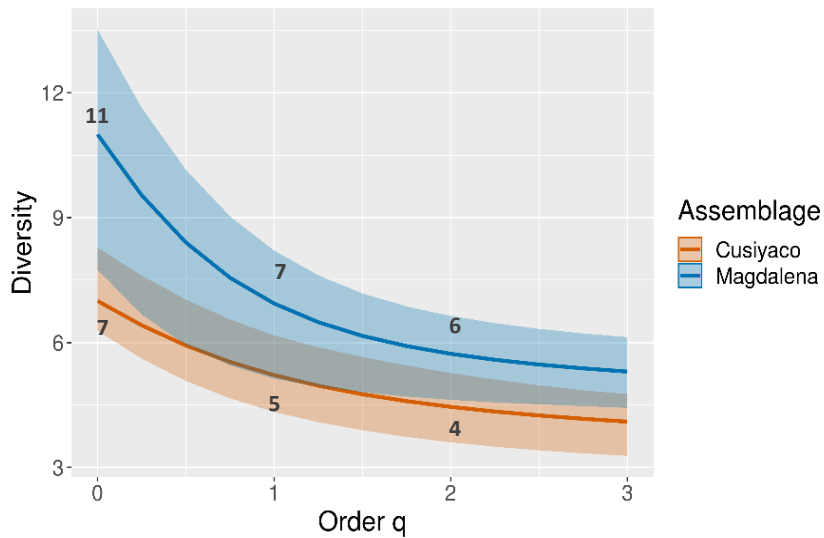


**Figura 10.** Curva de interpolación (rarefacción) y extrapolación, basada en la diversidad observada (línea continua) y esperada (línea discontinua), indicando la cobertura de la muestra.

### 7.2. FRECUENCIA Y DOMINANCIA

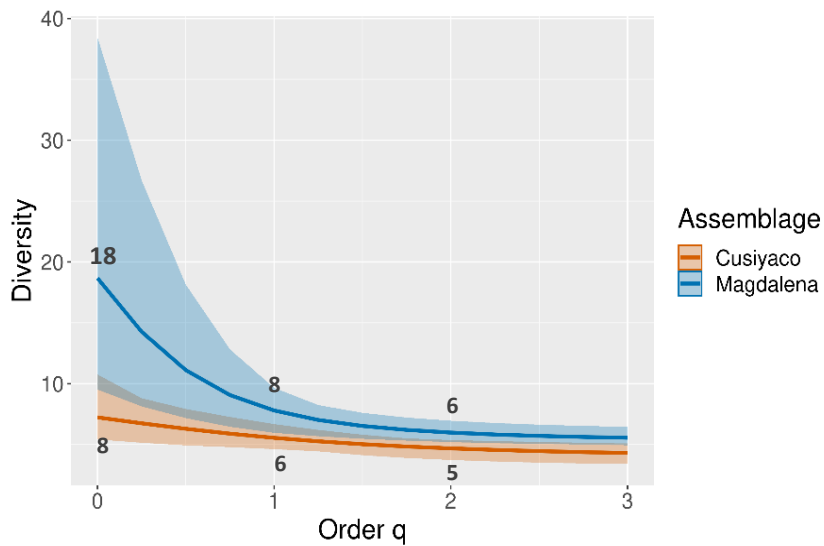
El perfil de diversidad empírica (Figura 11) muestra que de las siete especies que fueron observadas en la laguna Cusiyaco ( $q_0$ ), cinco son especies frecuentes ( $q_1$ ): *A. georgica*, *A. andium*, *O. jamaicensis*, *G. nobilis* y *P. brasilianus*; y cuatro son especies dominantes ( $q_2$ ): *A. georgica*, *O. jamaicensis*, *P. brasilianus* y *A. alba*. Por otra parte, de las once especies registradas para la laguna La Magdalena ( $q_0$ ), siete especies son frecuentes ( $q_1$ ): *A. georgica*, *A. andium*, *O. jamaicensis*, *P. occipitalis*, *G. jamesoni*, *G. nobilis* y *T. melanoleuca*; y seis son dominantes ( $q_2$ ): *A. georgica*, *A. andium*, *O. jamaicensis*, *P. occipitalis*, *G. jamesoni* y *G. nobilis*.





**Figura 11.** Perfil de diversidad empírica de la muestra.

Ahora bien, el perfil de diversidad estimada (Figura 12) muestra que para la laguna Cusiyaco, habría un estimado de ocho especies ( $q_0$ ), de las cuales seis serían frecuentes ( $q_1$ ) y cinco dominantes ( $q_2$ ), aproximadamente. Mientras, en La Magdalena habría 19 especies estimadas ( $q_0$ ), de las cuales ocho serían frecuentes ( $q_1$ ) y seis dominantes ( $q_2$ ), aproximadamente.



**Figura 12.** Perfil de diversidad estimada de la muestra.

### 7.3. VARIACIÓN ESPACIO-TEMPORAL Y ESTACIONAL

#### 7.3.1. Variación espacial

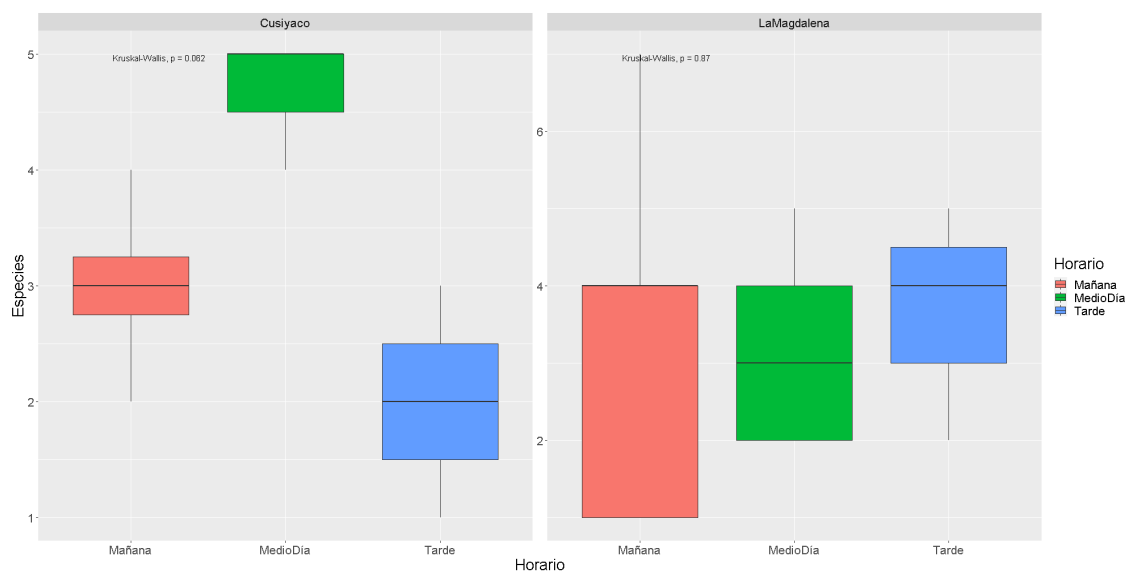
Según el índice de similitud de Jaccard, se observa que la laguna Cusiyaco es 63,6% similar a la laguna La Magdalena y viceversa (Figura 13). Estas semejanzas se deben principalmente a que ambas lagunas comparten siete especies: *A. georgica*, *A. andium*, *O. jamaicensis*, *P. occipitalis*, *G. nobilis*, *P. brasilianus* y *A. alba*.

	Cusiyaco	Magdalena
Cusiyaco	1	0,63636364
Magdalena	0,63636364	1

**Figura 13.** Valor del índice de similitud de Jaccard entre las lagunas La Magdalena y Cusiyaco.

#### 7.3.2. Variación temporal

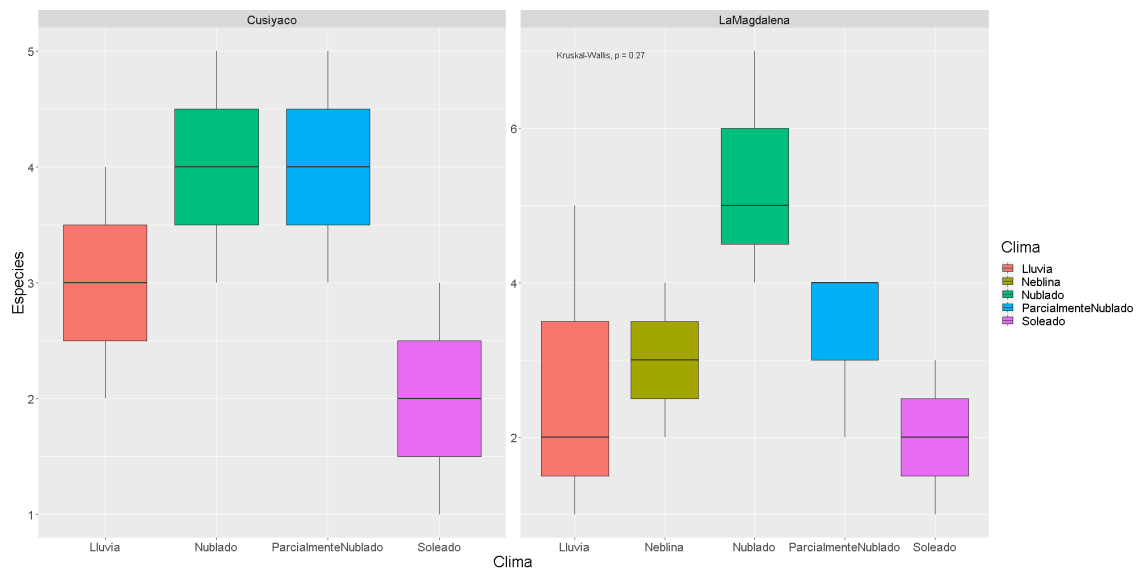
La prueba Kruskal-Wallis que se realizó para evaluar si hay variación en la incidencia de especies dependiendo del horario (mañana, medio día y tarde) en cada laguna, muestra un valor de  $p=0,062$  para la laguna Cusiyaco y de  $p=0,87$  para La Magdalena. Lo que quiere decir que para ninguna laguna hay diferencias significativas entre la incidencia de especies respecto al horario (K-W  $p > 0,05$ ).



**Figura 14.** Variación temporal de las especies por laguna, representada por la prueba de Kruskal-Wallis.

### 7.3.3. Variación estacional

La prueba Kruskal-Wallis que se realizó para evaluar si hay variación en la incidencia de especies dependiendo del tiempo atmosférico (lluvia, neblina, nublado, parcialmente nublado y soleado) en las algunas, muestra un valor de  $p=0,27$  para la laguna La Magdalena, sin embargo, para Cusiyaco la prueba no muestra el valor. Lo que quiere decir que para ninguna laguna hay diferencias significativas entre la incidencia de especies respecto al tiempo atmosférico (K-W  $p > 0,05$ ).



**Figura 15.** Variación estacional de las especies por laguna, representada por la prueba de Kruskal-Wallis.

## 8. DISCUSIÓN

Las once especies registradas en la laguna La Magdalena equivalen al 4% del total de aves acuáticas reportadas para Colombia (280 especies según Ruiz-Guerra y Cifuentes-Sarmiento (2021)), mientras que las siete especies registradas en Cusiyaco corresponden al 3%. Teniendo en cuenta que el esfuerzo de muestreo es representativo para cada laguna, se pueden hacer inferencias sobre las respuestas de las aves a la zonificación en el sitio de estudio, lo que demuestra la importancia de hacer registros durante más de un año, esto concuerda con Berumen *et al.* (2017), quienes reconocieron que un muestreo menor a un año podría no ser suficiente para determinar el número de las especies, puesto que varía de un año a otro, especialmente en algunas familias.

Los registros de las especies según la laguna brindan información relacionada a sus preferencias de hábitat. Las aves acuáticas al tener adaptaciones morfológicas para alimentarse (Cody, 1985), están limitadas según la profundidad del agua, ya que cada especie tiene su propia preferencia de profundidad para la alimentación (Elphick y Oring, 2003). Colwell y Taft (2000), afirmaron que el número de aves acuáticas, patos y playeros aumenta en los humedales poco profundos, mientras que el número de especies nadadoras aumenta en los humedales profundos. Lo que concuerda con lo registrado en campo, de más especies de patos y aves playeras en la laguna La Magdalena y más especies de aves nadadoras en Cusiyaco, la cual es más profunda.

Cinco de las once especies son habitantes permanentes de ambientes acuáticos (*A. georgica*, *A. andium*, *O. jamaicensis*, *P. occipitalis* y *P. brasilianus*), cuatro de ellas se localizan en los bordes de las lagunas (*C. minutilla*, *T. melanoleuca*, *T. flavipes* y *A. alba*) y las dos especies restantes se mueven entre la vegetación dominada por frailejones alrededor de los humedales (*G. jamesoni* y *G. nobilis*). Esto concuerda con la propuesta de Vuilleumier (1970) para los páramos del Norte de Suramérica, que las aves presentes en los páramos, pueden ser aves de pastizales, de matorrales abiertos y de bordes de bosques; también pueden ser aves acuáticas que viven en lagunas y en los bordes de las lagunas.

En la laguna Cusiyaco, las especies más frecuentes, de mayor a menor, fueron: *A. georgica*, *A. andium*, *O. jamaicensis*, *G. nobilis* y *P. brasilianus*, mientras que de la

más dominante a la menos dominante fueron: *A. georgica*, *O. jamaicensis*, *P. brasiliensis* y *A. alba*. En la laguna La Magdalena, las especies frecuentes, de mayor a menor, fueron: *A. georgica*, *A. andium*, *O. jamaicensis*, *P. occipitalis*, *G. jamesoni*, *G. nobilis* y *T. melanoleuca*, mientras que de la más dominante a la menos fueron: *A. georgica*, *A. andium*, *O. jamaicensis*, *P. occipitalis*, *G. jamesoni* y *G. nobilis*.

*O. jamaicensis* es una especie tanto frecuente como dominante en ambas lagunas, lo que acierta en gran medida con la descripción de Hilty y Brown (2001) “ave propia de lagunas y pantanos, especialmente aquellos que tienen extensiones más o menos grandes de aguas abiertas y desprovistas de vegetación flotante”, como es el caso de Cusiyaco pero no de La Magdalena, sin embargo, esta es una especie de comportamiento gregario, de fácil observación por su tamaño y por los lugares de permanencia, ya que casi siempre se encontraban en zonas abiertas en los cuerpos de agua estudiados. A pesar de ser considerada una especie migratoria latitudinal, posee en Colombia poblaciones reproductivas permanentes (Naranjo *et al.*, 2012) y fue registrada en las cinco salidas del muestreo.

Ahora bien, que la laguna Cusiyaco siendo la más grande en el estudio haya tenido menor diversidad en especies que la laguna La Magdalena, es un hecho que no es coherente con la afirmación de Craig y Beal (1992), que las lagunas de mayor tamaño suelen presentar una mayor diversidad, mientras que lagunas más pequeñas son menos diversas. Esto puede ser debido a que la laguna Cusiyaco está en una posición encañonada y tiene presencia de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), según lo observado en campo, mientras que La Magdalena al estar en una posición expuesta, presenta heterogeneidad vegetal que ofrece a las aves una densa vegetación acuática sumergida, presencia de vegetación emergente y bordes con extensos pastizales, tal como se observó en campo, que da a suponer que cuenta con gran abundancia de macroinvertebrados. Además, el estrato arbustivo ahí es continuo, lo que favorece de manera significativa la movilidad y crea diversos microhábitats donde se suplen los requerimientos reproductivos como la nidificación y cría de la avifauna paramuna y migratoria (Instituto de investigaciones ambientales del Pacífico, 2012).

Para complementar, la familia SCOLOPACIDAE presentó la mayor riqueza, lo que poya la propuesta de Arzuza *et al.* (2008), que es la familia de aves acuáticas con mayor diversidad en Colombia; de las cinco especies de esta familia, tres son de hábitos

migratorios (*C. minutilla*, *T. melanoleuca* y *T. flavipes*), como se mencionó anteriormente, y prefieren los bordes de laguna para realizar distintas actividades como alimentación, refugio y descanso. La familia ANATIDAE, al necesitar una amplia oferta de ambientes acuáticos, permiten que los individuos de esta familia sean las aves acuáticas más comunes en las lagunas de páramos (Salamanca *et al.*, 2008). Por otro lado, la familia de menor riqueza para la comunidad es ARDEIDAE, la cual está representada por una sola especie, producto quizás de una menor oferta trófica que se encuentra en este tipo de hábitat, para especies de comportamientos tróficos específicos y menor adaptación a estos ambientes (Salamanca *et al.*, 2008).

Teniendo en cuenta la similitud que arrojó el índice de Jaccard, el número de especies registrado en cada laguna no es notablemente diferente, pasando de once en La Magdalena y siete especies en la laguna Cusiyaco. Sin embargo, se podría decir que la riqueza de especies de la comunidad de aves en la laguna La Magdalena fue alta, pues presentó once especies de once, entre estas: *A. georgica*, *O. jamaicensis* y *P. occipitalis* que se encuentran en categorías de amenaza a nivel nacional: VU, EN y CR, respectivamente (Renjifo *et al.*, 2016; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017) y que son exclusivas de lagunas en ecosistemas altoandinos (Ayerbe-Quiñones, 2022), también se registraron especies migratorias boreales: *C. minutilla*, *T. melanoleuca* y *T. flavipes*, las cuales fueron observadas únicamente en esta laguna. Aunque para estas últimas tres especies se obtuvo un solo registro por cada una, se debe tener en cuenta que la visibilidad en la zona de estudio en ocasiones era difícil, debido a las condiciones climáticas y que las especies asociadas a los bordes de humedales son de mucho menor tamaño que las especies netamente acuáticas.

En cuanto a las variaciones temporales, es común que la actividad en las aves terrestres tenga una fuerte variación en el transcurso del día, generalmente los picos de actividad son alrededor del amanecer y la actividad baja unas horas después (Villarreal *et al.*, 2006). Los investigadores Lynch (1995), Jimenez (2000) y Shake *et al.* (2012), recomiendan que la cuantificación de aves sea solo durante unas horas de la mañana. Aun así, los valores que arrojó la prueba de Kruskal-Wallis indica que en las lagunas estudiadas no existen diferencias en la riqueza de especies de aves entre los tres grupos horarios: mañana (07h00 - 10h20), medio día (10h20 - 13h40) y tarde

(13h40 - 17h00), tal como en el estudio realizado por Naoki *et al.* (2014), esto puede ser debido a que los recursos que aprovechan las especies siempre están ahí, como lo son el alimento y el refugio. Este patrón de actividad de las aves acuáticas permite realizar el monitoreo durante todo el día en las zonas muestreadas.

Asimismo, la prueba de Kruskal-Wallis para analizar las variaciones estacionales de las lagunas muestreadas, indica que no existen diferencias en la riqueza de especies entre los cinco tiempos atmosféricos (lluvia, neblina, nublado, parcialmente nublado y soleado). Lo que sugiere que la compleja dinámica del agua en las lagunas La Magdalena y Cusiyaco, han permitido la existencia de una gran variedad de microhábitats, promoviendo la coexistencia de diversas especies de aves acuáticas. No solo las especies abundantes, sino también las especies raras contribuyen a la estructura de la comunidad de aves acuáticas dentro de las lagunas, sin que los pequeños cambios temporales y climáticos las alteren, no obstante, las tendencias futuras de estos conjuntos pueden variar en respuesta al cambio climático (Blake y Loiselle, 2016).

Finalmente, la heterogeneidad ambiental que se presenta en la laguna La Magdalena proporciona sitios de alimentación y descanso para muchas especies de aves acuáticas, principalmente migratorias (Hamza *et al.*, 2015). Futuros estudios deben evaluar los efectos de otras variables, como la vegetación y los nutrientes, y determinar en qué medida los cambios en las poblaciones de aves están relacionados con cambios limnológicos (Green y Figuerola, 2003) o con la intensidad de la presencia humana en el sitio.

Además, el hecho de encontrar especies amenazadas de extinción facilita la identificación y priorización de las especies a conservar, así como de sus ecosistemas; esto permite generar diferentes frentes de acción en los que se encuentra la educación ambiental, seguimiento y monitoreo de las especies y creación o actualización de planes de manejo de las lagunas VOC donde estas habitan (Estades, 2004). En este estudio, dos especies son consideradas como de alta prioridad (*O. jamaicensis* y *P. occipitalis*), teniendo en cuenta además de su categoría de amenaza a nivel nacional, su hábitat que es limitado a zonas altas como páramo, indicando que la conservación de las lagunas es clave para el mantenimiento de las poblaciones.

La riqueza específica descrita en este trabajo refleja que áreas pequeñas en páramos, con presencia de cuerpos de agua y con vegetación en buen estado de conservación, contribuyen de gran manera a la conservación de la diversidad de la avifauna, ya que las aves actúan como dinamizadores de la sucesión ecológica y participan en el buen mantenimiento de los ecosistemas (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2002). Por lo tanto, los resultados aquí expuestos, representan información actualizada sobre las aves acuáticas de las lagunas La Magdalena y Cusiyaco del Parque Nacional Natural Puracé.



## 9. CONCLUSIONES

- La riqueza registrada en este estudio, indica buena representativa en la comunidad de aves total del área de muestreo, teniendo en cuenta, que la diversidad en ecosistemas de páramo tiende a ser baja, puesto que pocas especies pueden soportar sus condiciones extremas.
- La especie más frecuente y dominante en ambas lagunas fue *O. jamaicensis*, ya que es una especie que se encuentra muy bien adaptada a este tipo de ecosistemas, tiene comportamiento grupal y generalmente la mayoría de los individuos se encontraban en el espejo de agua.
- Que la laguna La Magdalena tenga mayor diversidad de especies es debido a la heterogeneidad vegetal que ofrece (vegetación acuática sumergida, vegetación emergente y bordes con extensos pastizales), tal como se observó en campo.
- Durante este estudio no se registraron patrones de actividad de las aves acuáticas, lo que indica que estas especies no cuentan con variaciones temporales y estacionales, debido a la dinámica de las lagunas que ha permitido la existencia de varios microhábitats, promoviendo la coexistencia de diversas especies de aves acuáticas.
- La presencia de especies migratorias en la laguna La Magdalena es debido principalmente al conjunto del cuerpo de agua, ya que ofrece una gran variedad de fuentes alimenticias y zonas de descanso.
- Las especies más vulnerables a las transformaciones de este hábitat son *Oxyura jamaicensis* y *Podiceps occipitalis*, convirtiéndolas en especies de alta prioridad para su conservación, esto debido principalmente a que son especies con hábitat limitado a las lagunas altoandinas y a su preocupante categoría de amenaza a nivel nacional.
- Estos resultados son una línea base para la posible formulación de un programa de educación ambiental en las comunidades campesina e indígena de la zona, además de la comunidad científica, el cual permita el reconocimiento de las especies y su importancia.

## 10. RECOMENDACIONES

- Es necesario continuar con los monitoreos de estas comunidades de aves acuáticas, ya que esto permiten evidenciar cualquier variación en la composición o cambios particulares en alguna de las especies presentes en las lagunas del Parque Nacional Natural Puracé.
- Se necesitan estudios durante un período mucho más largo para documentar si realmente existe alguna variación en el patrón temporal y estacional, debido a que estas tendencias pueden variar en respuesta al cambio climático en un futuro.
- Es conveniente realizar este estudio en las demás lagunas del Parque Nacional Natural Puracé, puesto que sería clave para el entendimiento de la dinámica y migraciones regionales de especies de aves acuáticas presentes en el parque.
- Se sugiere realizar estudios sobre la ecología e historias de vida de las diferentes especies presentes en la zona, teniendo en cuenta que estos resultados permitirán el establecimiento de estrategias de conservación.
- Es importante continuar creando alianzas entre instituciones públicas y privadas que involucren a la comunidad de la zona, ya que permitiría el mantenimiento de las características de las lagunas y con ello la preservación de las especies pertenecientes a esta comunidad.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- Amat, J. (1984). Las Poblaciones de Aves Acuáticas en las Lagunas Andaluzas: Composición y Diversidad Durante un Ciclo Anual. *Ardeola*. 31, 61-79 pp.
- Arzuza, D. E., M. I. Moreno y P. Salaman. (2008). Conservación de las Aves Acuáticas en Colombia. *Conservación Colombiana*. Fundación ProAves – Colombia. 6:1-72 pp.
- Avendaño, E. J., C. I. Bohórquez, L. Rosselli, D. Arzuza-Buelvas, F. A. Estela, A. M. Cuervo y L. M. Renjifo. (2017). Lista de Chequeo de las Aves de Colombia: Una Síntesis del Estado del Conocimiento desde Hilty y Brown (1986). *Ornitología Colombiana*, (16): 1-83 pp.
- Ayerbe-Quiñones, F. (2022). Guía Ilustrada de la Avifauna Colombiana. Tercera edición. Wildlife Conservation Society - Colombia. Punto Aparte. Bogotá, D. C., Colombia. 472 pp.
- Balbinot, R., F. Lambrecht, F. Breunig, J. Trautenmuller, L. Galvão, L. Denardi y R. Vendruscolo. (2016). Análise Fitossociológica de um Fragmento de Floresta Estacional Decidual: Parque Estadual do Turvo, RS. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 36(86), 103-113.
- Berumen, S. A., C. M. Maimone, G. J. Villordo, A. C. Olivera y O. J. González. (2017). Cambios Temporales de la Avifauna Acuática en el Sitio Ramsar "Presa de Valsequillo", Puebla, México. *Huitzil, Revista Mexicana de Ornitología*, 18(2): 202–211.
- Bibby, C. J., N. D. Burgess, D. A. Hill y S. Mustoe. (2000). *Bird census techniques*. Academic Press, Londres. 257 pp.
- Blake, J. G. y B. A. Loiselle. (2016). Long-term Changes in Composition of Bird Communities at an "Undisturbed" Site in Eastern Ecuador. *The Wilson Journal of Ornithology*, 128(2): 255–267.
- Blanco, D. E. (2000). Los Humedales como Hábitat de Aves Acuáticas. *Humedales Internacional-Américas*. Buenos Aires, Argentina. 208-217. Disponible en: [https://cidta.usal.es/cursos/biologia/modulos/Curso/Libros/pdf/aves\\_humedales.pdf](https://cidta.usal.es/cursos/biologia/modulos/Curso/Libros/pdf/aves_humedales.pdf).

- Bonilla-Valencia, J., N. Roncancio-Duque y G. A. Pisso-Florez. (2019). Portafolio de Proyectos de Investigación del Parque Nacional Natural Puracé. Documento adjunto al Plan de Manejo 2020–2024 del PNN Puracé. Dirección Territorial Andes Occidentales, Parques Nacionales Naturales de Colombia, Popayán-Cauca, 58 pp.
- Borrero, J. I. (1958). Aves de Caza Colombianas, parte Anatidae. Universidad Nacional de Colombia, Órgano de la Institución 23: 111 – 188 pp.
- Chao, A. y Jost, L. (2012). Coverage-based Rarefaction and Extrapolation: Standardizing Samples by Completeness Rather than Size. *Ecology*, 93(12), 2533-2547. <https://doi.org/10.1890/11-1952.1>.
- Chao, A., N. J. Gotelli, T. C. Hsieh, E. L. Sander, K. H. Ma, R. K. Colwell y A. M. Ellison. (2014). Rarefaction and Extrapolation with Hill Numbers: A Framework for Sampling and Estimation in Species Diversity Studies. *Ecological Monographs* 84: 45–67. <https://doi.org/10.1890/13-0133.1>.
- Chao, A., K. H. Ma y T. C. Hsieh. (2016). iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Programa y Guía del Usuario publicado en [http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software\\_download/inext-online/](http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/).
- Cody, M. L. (1985). *Habitat Selection in Birds*. Academic Press, USA.
- Colwell, M. A. y O. W. Taft. (2000). Waterbird Communities in Managed Wetlands of Varying Water Depth. *Waterbirds*, 23: 45–55.
- Craig, R. J. y K. G. Beal. (1992). The Influence of Habitat Variables on Marsh Bird Communities of the Connecticut River Estuary. *Wilson Bulletin* 104: 295–311.
- Cuatrecasas J. (1958). Aspectos de la Vegetación Natural de Colombia. *Trabajos Museo Nacional de Ciencias Naturales, Serie Botánica*. 27: 1-144 pp.
- De Groot, R. S., M. A. Wilson y R. M. Boumans. (2002). A Typology for the Classification, Description and Valuation of Ecosystem Functions, Goods and Services. *Ecological Economics*, 41: 393-408.
- Dugand, A. (1947). Aves Marinas de las Costas e Islas Colombianas. *Caldasia* 4 (19): 379 – 398 pp.

- Echeverry-Galvis, M. A., O. Acevedo-Charry, J. E. Avendaño, C. Gómez, F. G. Stiles, F. A. Estela y A. M. Cuervo. (2022). Lista oficial de las aves de Colombia 2022: Adiciones, cambios taxonómicos y actualizaciones de estado. *Ornitología Colombiana* 22: 25-51.
- Elphick, C. S. y L. W. Oring. (2003). Conservation implications of Flooding Rice Fields on Winter Waterbird Communities. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 94: 17–29.
- Estades, C. (2004). Estrategia Nacional para la Conservación de las Aves. Universidad de Chile, programa de estudios en biodiversidad. Chile. 22 p.
- Estela, F. A., M. López-Victoria, L. F. Castillo y L. G. Naranjo. (2010). Estado del Conocimiento sobre Aves Marinas en Colombia, Después de 110 años de Investigación. *Boletín SAO* Vol. 20. 2-21 pp.
- Franklin, J., K. Cromack, W. Denison, A. Mckee, C. Maser, F. Sedell, F. Samson y G. Juday. (1981). Ecological Characteristics of Old-growth Douglas-fir Forests. USDA Forest Service, General Technical Repon PNW 118, Portland.
- Gee, J. H. R. y P. S. Giller. (1987). Organization of Communities Past and Present. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 576 pp.
- Gibbs, J. P. (2000). Wetland Loss and Biodiversity Conservation. *Conservation Biology*, 14 (1): 314-317.
- Green, A. J. y J. Figuerola. (2003). Aves Acuáticas como Bioindicadores en los Humedales. *Ecología, Manejo y Conservación de los Humedales*. Instituto de Estudios Almerienses. España.
- Hammer, O., D. A. T. Harper y P. D. Ryan. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 pp.
- Hamza, F., A. Hammouda y S. Selmi. (2015). Species Richness Patterns of Waterbirds Wintering in the Gulf of Gabes in Relation to Habitat and Anthropogenic Features. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 165: 254–260.

- Henry, L. y H. Wickham. (2022). `_rlang`: Functions for Base Types and Core R and 'Tidyverse' Features\_. R package version 1.0.6. Disponible en: <https://CRAN.R-project.org/package=rclang>.
- Hernández-Guzmán, A., E. Payán y O. Monroy-Vilchis. (2011). Hábitos Alimentarios del *Puma concolor* (Carnivora: Felidae) en el Parque Nacional Natural Puracé, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 59(3): 1285–1294. <https://doi.org/10.15517/rbt.v0i0.3399>.
- Hilty, S.L. y W.L. Brown. 1986. *A Guide to the Birds of Colombia*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Hilty S. L. y W. L. Brown. (2001). *Guía de las Aves de Colombia*. American Bird Conservancy, Universidad del Valle. Sociedad Antioqueña de Ornitología. Cali, Colombia. 1030 pp.
- Hsieh, T. C., K. H. Ma y A. Chao. (2016). iNEXT: an R Package for Rarefaction and Extrapolation of Species Diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution* 7: 1451–1456. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613>.
- Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico. (2012). *Caracterización Ecológica y Sociocultural del Páramo de Frontino o del sol*. Quibdó, Colombia 103 pp.
- IUCN. (2012). *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1*. Segunda edición. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido, 34 pp.
- IUCN. (2013). *Guidelines for Using the IUCN Red List Categories and Criteria*. Version 10. Prepared by the Standards and Petitions Subcommittee. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido, 52 pp.
- IUCN. (2021). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2020-3. <https://www.iucnredlist.org>. ISSN 2307-8235.
- IUCN. (2022). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Version 2022-1. <https://www.iucnredlist.org>. ISSN 2307-8235.
- Jimenez, J. E. (2000). Effect of Sample Size, Plot Size, and Counting Time on Estimates of Avian Diversity and Abundance in a Chilean Rainforest. *Journal of Field Ornithology* 71: 66-88.

- Johnston-González, C. Ruiz-Guerra, D. Eusse-González, L. F. Castillo-Cortés, Y. Cifuentes-Sarmiento, P. Falk-Fernández y V. Ramírez de los Ríos. (2010). Plan de Conservación para Aves Playeras en Colombia. Asociación Calidris, Cali, Colombia.
- Jost, L. (2006). Entropy and Diversity. *Oikos*, 113, 363-375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>.
- Kruskal, W. H. y W. A. Wallis. (1952). Use of Ranks in One-criterion Variance Analysis. *Journal of the American Statistical Association* 47 (260): 583–621.
- Lynch, J. F. (1995). Effects of Point Count Duration, Time-of-day, and Aural Stimuli on Detectability of Migratory and Resident bird Species in Quintana Roo, Mexico. pp. 1-6. En: Ralph, C. J., J. R. Sauer y S. Droege (eds.) *Monitoring Bird Populations by Point Counts*. U.S. Department of Agriculture, Albany.
- Ma, Z., Y. Cai y J. Chen. (2010). Managing Wetland Habitat for Waterbirds: An International Perspective. *Wetlands*, 30: 15-27.
- Magurran, A. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*. Croom Helm, London.
- Maya-Girón, A. M., Becoche-Mosquera, J. M. y Gómez-Bernal, L. G. (2023). Aves Frugívoras de un Bosque Subandino en Proceso de Restauración del Parque Nacional Natural Munchique. *Biota Colombiana*, 24(1), e1097. <https://doi.org/10.21068/2539200X.1097>.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2002). *Páramos, Programa para el Manejo Sostenible y Restauración de Ecosistemas de la Alta Montaña Colombiana*. Imprenta Nacional de Colombia, Bogotá D. C. 72 p.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Resolución 1912 del 15 de septiembre de 2017. “Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera que se encuentran en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones”. Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/resolucion-1912-de-2017.pdf>.
- Moreno, C. E., F. Barragán, E. Pineda y N.P. Pavón. (2011). Reanálisis de la Diversidad Alfa: Alternativas para Interpretar y Comparar Información sobre

- Comunidades Ecológicas. Revista Mexicana de Biodiversidad 82: 1249–1261.  
<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.745>
- Naoki, K., Landivar, C. M. y Gómez, M. I. (2014). Monitoreo de las aves para detectar el cambio de la calidad ecosistémica en los bofedales altoandinos. *Ecología en Bolivia*, 49(3), 73-83. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1605-25282014000300007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282014000300007&lng=es&tlng=es).
- Naranjo, L. G. y G. A. Bravo. (2004). Estado del Conocimiento sobre Aves Acuáticas en Colombia. Informe Nacional sobre el Avance en el Conocimiento y la información de la Biodiversidad 1998 – 2004. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt - IAvH.
- Naranjo, L. G., J. D. Amaya, D. Eusse-González y Y. Cifuentes-Sarmiento. (Editores). (2012). Guía de las Especies Migratorias de la Biodiversidad en Colombia. Aves. Vol. 1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible / WWF Colombia. Bogotá, D.C. Colombia. 708 p.
- Noss, R. (1990). Indicators for Monitoring Biodiversity: A Hierarchical Approach. *Conservation Biology* 4: 355-364 pp.
- Ocampo-G, D. V., G. A. Pisso-Florez, C. S. Muñoz-Nates, D. Angulo-Ortiz, K. Matabanchoy-C, N. Ibagón y L.G Gómez. (2022). Observaciones sobre apareamiento y anidación del Zambullidor plateado (*Podiceps occipitalis juninensis*) en el Parque Nacional Natural Puracé – Colombia. *Ornitología Colombiana* 22: 70-75.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2013). Plan de Manejo - Parque Nacional Natural Puracé. Disponible en: <https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2013/12/ParquePurace.pdf>.
- Parque Nacional Natural Puracé. (2019). Plan de Manejo 2020–2024. Dirección Territorial Andes Occidentales, Parques Nacionales Naturales de Colombia, Popayán-Cauca, 180 pp.



Ramsar Regional Center - East Asia. (2017). The Designation and Management of Ramsar Sites - A Practitioner's Guide. Available Online at [www.ramsar.org](http://www.ramsar.org) and [www.rrcea.org](http://www.rrcea.org).

Rangel, O. (2000). Las áreas protegidas y la conservación de la biodiversidad en Colombia. Instituto de Ciencias Naturales (ICN). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Real, R. y J. M. Vargas. (1996). The Probabilistic Basis of Jaccard's Index of Similarity. *Systematic Biology*, 45(3), 380-385. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Raimundo\\_Real/publication/239604848\\_The\\_Probabilistic\\_Basis\\_of\\_Jaccard's\\_Index\\_of\\_Similarity/links/0c9605268d8ff04ab1000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Raimundo_Real/publication/239604848_The_Probabilistic_Basis_of_Jaccard's_Index_of_Similarity/links/0c9605268d8ff04ab1000000.pdf).

Remsen, J. V., Jr., C. D. Cadena, A. Jaramillo, M. Nores, J. F. Pacheco, M. B. Robbins, T. S. Schulenberg, F. G. Stiles, D. F. Stotz, y K. J. Zimmer. (2012, 2019). A Classification of the Bird Species of South America. American Ornithologists Union. Disponible en: <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>.

Remsen, J. V., Jr., C. D. Cadena, A. Jaramillo, M. Nores, J. F. Pacheco, M. B. Robbins, T. S. Schulenberg, F. G. Stiles, D. F. Stotz, y K. J. Zimmer. Version [28/09/2022]. A Classification of the Bird Species of South America. American Ornithologists Union. Disponible en: <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html>.

Renjifo, L. M., A. M. Amaya-Villarreal, J. Burbano-Girón y J. Velásquez-Tibatá. (2016). Libro Rojo de Aves de Colombia. Vol. II: Ecosistemas Abiertos, Secos, Insulares, Acuáticos Continentales, Marinos, Tierras Altas del Darién y Sierra Nevada de Santa Marta y Bosques Húmedos del Centro, Norte y Oriente del País. Editorial Pontificia Universidad Javeriana e Instituto Alexander von Humboldt. Bogotá, D. C., Colombia.

Rincón, S. A., J. Toro y J. Burgos. (2009). Lineamientos Guía para la Evaluación de Criterios de Biodiversidad en los Estudios Ambientales Requeridos para Licenciamiento Ambiental. Biodiversidad y Estudios de Impacto Ambiental. Elementos para evaluadores. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos

- Alexander von Humboldt e Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D. C. Colombia. 124 pp.
- RStudio Team. (2022). RStudio: Integrated Development Environment for R. RStudio, PBC, Boston, MA URL <http://www.rstudio.com/>.
- Ruiz-Guerra, C. (2012). Lista de las Aves Acuáticas de Colombia. Asociación Calidris. 10.13140/RG.2.1.2511.8244.
- Ruiz-Guerra, C. y Y. Cifuentes-Sarmiento. (2021). Aves Acuáticas de Colombia. Asociación Calidris. ISBN: 978-958-56600-6-9.
- Salamanca, J., J. Botia y A. Ardila. (2008). Aves del Páramo de Siscuncí. Asociación para la investigación y conservación de la vida silvestre neotropical. Boyacá. 87 p.
- Sarmiento, G. (1986). Ecologically Crucial Features of Climate in High Tropical Mountains. High Altitude Tropical Biogeography (F. Vuilleumier, and M. e. Monasterio, Eds.). Oxford University Press, New York. 11-45 pp.
- Sebastián-González, E., F. Botella y J. A. Sánchez-Zapata. (2013). Patrones, Procesos y Conservación de Comunidades: El Caso de las Aves Acuáticas en Humedales Artificiales. Revista Catalana d'Ornitologia, 29: 75–92.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2006). Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971), 4ª. Edición. Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza).
- Shake, C. S., C. E. Moorman, D. R. Jason y M. R. B. li. (2012). Influence of Patch Size and Shape on Occupancy by Shrubland Birds. Condor 114: 268-278.
- Stilling, P. (1999). Ecología: Teorías y Aplicaciones, 3er edición. Prentice-Hall, inc. Upper Saddle River, New York. 185-190 pp.
- Trochlell, P. y T. Bernthal. (1998). Small Wetlands and the Cumulative Impacts of Small Wetland Losses: A Aynopsis of the Literature. Wisconsin Department of Natural Resources, Publ-FH226-98.
- Valverde, T., J. Meave, J. Carabias y Z. Cano. (2005). Ecología y Medio Ambiente. Pearson Educación. México. 240 pp.

- Villarreal H., M. Álvarez, S. Córdoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A. M. Umaña. (2006). Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. En Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad segunda edición (pp. 185-226). Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia.
- Vuilleumier, F. (1970). Insular Biogeography in Continental Regions. The northern Andes of South America. *Amer. Natur.*, vol. 104, pp. 373-388.
- Wenny, D. G., T. L. Devault, M. D. Johnson, D. Kelly, C. H. Sekercioglu, D. F. Tomback y C. J. Whelan. (2011). The need to quantify ecosystem services provided by birds. *Auk*, 128 (1): 1-14 pp.
- Wetlands International. (2017). Censo Neotropical de Aves Acuáticas. Disponible en: <https://lac.wetlands.org/nuestro-enfoque/humedales-y-naturaleza-saludables/censo-neotropical-de-aves-acuaticas/>.
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. Disponible en: <https://ggplot2.tidyverse.org>.
- WWF, W. W. F. G. D. (2005). Los humedales altoandinos. 19. Disponible en: [http://awsassets.panda.org/downloads/los\\_humedales\\_altoandinos\\_es.pdf](http://awsassets.panda.org/downloads/los_humedales_altoandinos_es.pdf).
- Xeno-Canto. (2022). *Compartiendo Cantos de Aves de Todo el Mundo*. [En línea (Website © 2005-2022 Xeno-canto Foundation)]. Disponible en: <https://www.xeno-canto.org/>. [Fecha de revisión: 28/09/2022].