

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ciencias de la Vida

**Conociendo la biodiversidad ornitológica del Bosque y Vegetación Protector
Prosperina: Un estudio espacio-temporal**

VIDA-406

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Bióloga

Presentado por:

Nina Geovanna Garcia Garcia

Guayaquil - Ecuador

Año: 2025

Dedicatoria

Este proyecto se lo dedico a mis padres, por ser mi refugio y mi impulso, por confiar en mí incluso cuando yo dudaba, por darme su apoyo incondicional y estar siempre a mi lado, animándome a seguir adelante en los momentos más difíciles. Gracias a su esfuerzo, su ejemplo y su amor, he podido perseguir mi pasión y alcanzar esta meta.

A mi gata Mixa, por acompañarme silenciosa en tantas noches de estudio, por su compañía, su ternura y el amor sincero que solo una mascota puede brindar. Su presencia hizo más ligeras las largas horas de trabajo y llenó de alegría cada jornada.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Jehová, por nunca abandonarme y permitirme continuar mis estudios, guiándome en cada paso de este camino.

A mi familia, por su amor incondicional; sin ustedes no hubiera podido alcanzar mis metas y convertir este sueño en realidad.

A Jenny, por confiar en mí y darme la oportunidad de demostrar mi valía; a mi tutor, Julián, por sus valiosos consejos.

A Romina, mi mejor amiga, por motivarme siempre a seguir mis sueños brindándome su constante apoyo.

Y finalmente, a Paul, por mostrarme siempre tu amor, acompañarme en cada instante y estar a mi lado en los momentos más importantes. Espero seguir compartiendo juntos esta aventura de la vida.

Declaración Expresa

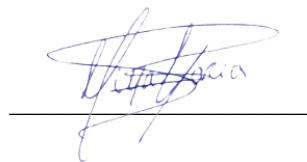
Yo NINA GEOVANNA GARCIA GARCIA acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 19 de mayo del 2025.



Autora

Nina Garcia Garcia

Evaluadores

Diego Gallardo, MsC.

Profesor de Materia

Julián Pérez, MsC.

Tutor de Proyecto

Resumen

El Bosque y Vegetación Protector Prosperina (BVPP) constituye uno de los pocos remanentes de bosque seco tropical en la costa de Ecuador y enfrenta presiones por la expansión urbana. Este estudio se centra en el desarrollo y validación de un protocolo de recopilación de datos para evaluar la diversidad de aves Passeriformes en el BVPP, utilizando bases de datos abiertas como GBIF y eBird, y aplicando análisis espacio-temporales en radios de 1, 5 y 10 km durante el periodo 1999–2024. El protocolo consolidó más de 80.000 registros, correspondientes a 187 especies y 1.406 observadores, garantizando la estandarización y replicabilidad del muestreo. Los resultados evidenciaron un aumento sostenido de registros y especies en la última década, aunque persisten vacíos de muestreo en zonas de difícil acceso. La curva de acumulación de especies proyectó un máximo cercano a 180 especies, indicando que el esfuerzo de observación ha capturado la mayor parte de la diversidad presente. Este protocolo constituye una herramienta replicable para el monitoreo de aves en áreas protegidas urbanas y periurbanas, aportando información valiosa para la gestión ambiental, la educación y la conservación.

Palabras clave: protocolo de datos de biodiversidad, conservación, monitoreo ecológico, análisis espacial.

Abstract

The Prosperina Protected Forest (BVPP) is one of the few remaining tropical dry forests on the Ecuadorian coast and is under strong pressure from urban expansion. This study focused on the development and validation of a standardized data collection protocol to assess the diversity of Passeriformes in the BVPP, using open-access databases such as GBIF and eBird, and applying spatiotemporal analyses within 1, 5, and 10 km radii over the period 1999–2024. The protocol integrated over 80,000 records from 187 species and 1,406 observers, ensuring replicable and standardized sampling. Results show a steady increase in records and species over the last decade, although spatial and temporal gaps remain in areas with limited access. The species accumulation curve projects a maximum of nearly 180 species, indicating that most of the existing diversity has been captured. This protocol represents a replicable tool for bird monitoring in urban and peri-urban protected areas, providing valuable inputs for environmental management, education, and conservation.

Keywords: *biodiversity data protocol, conservation, ecological monitoring, spatial analysis.*

Índice general

Resumen.....	I
<i>Abstract</i>	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	IV
Simbología	V
Índice de figuras.....	VI
Índice de tablas	VII
Capítulo 1	1
1 Introducción	2
1.1 Descripción del Problema	4
1.2 Justificación del Problema	4
1.3 Objetivos	5
<i>1.3.1 Objetivo general</i>	5
<i>1.3.2 Objetivos específicos</i>	5
1.4 Marco teórico	6
<i>1.4.1 Conservación de la biodiversidad en contextos urbanos y periurbanos</i>	6
<i>1.4.2 El rol ecológico de las aves y el orden Passeriformes</i>	7
<i>1.4.3 Uso de Bases de Datos Abiertas para el Monitoreo de Biodiversidad</i>	7
<i>1.4.4 Importancia del Análisis Espaciotemporal para la Conservación</i>	8
Capítulo 2.....	9
2. Metodología.....	10
2.1 Formulación de Alternativas de Solución.....	10

2.2 Justificación de la Metodología Seleccionada	10
2.3 Diseño Conceptual	12
2.4 Diseño Detallado de la Metodología.....	12
2.4.1 Selección del área de estudio.....	12
2.4.2 Recopilación de datos	14
Capítulo 3.....	18
3 Resultados y análisis	19
3.1 Protocolo de recopilación y sistematización de datos.....	19
3.2 Registros por radio de muestreo	20
3.3 Riqueza de especies y observadores por radio.....	21
3.4 Tendencia temporal anual	23
3.5 Top 10 de especies registradas.....	24
3.6 Curva de acumulación de especies	25
3.7 Vacíos espaciales y temporales de muestreo	26
Capítulo 4.....	28
4 Conclusiones y recomendaciones	29
4.1 Conclusiones	29
4.2 Recomendaciones	30

Abreviaturas

API	Application Programming Interface (Interfaz de Programación de Aplicaciones)
BVPP	Bosque y Vegetación Protector Prosperina
CERO	Comité Ecuatoriano de Registros Ornitológicos
EBird	Electronic Bird Observation Database (Base de datos ciudadana de avistamientos)
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
GIS	Geographic Information System (Sistema de Información Geográfica)
Git	Sistema de control de versiones distribuido
QA/QC	Quality Assurance/ Quality Control (Aseguramiento y Control de la Calidad)
QGIS	Quantum Geographic Information System (Software de SIG de código abierto)
R	Lenguaje y entorno de programación para análisis estadístico
Ggplot2	Paquete de visualización de datos en R

Simbología

Km Kilometro

m Metros

ha Hectáreas

% Porcentaje

° Grados (coordenadas geográficas)

' Minutos (coordenadas geográficas)

'' Segundos (coordenadas geográficas)

Índice de figuras

Figura 1: Aves Passeriformes del Ecuador	3
Figura 2: Extensión del BVPP con un radio de 0.92 Km	13
Figura 3: Radios concéntricos alrededor del BVPP.....	13
Figura 4: Esquematización del protocolo	20
Figura 5: Registros totales de Passeriformes según radio de muestreo (1, 5 y 10 km) .	21
Figura 6: Resumen de especies únicas y observadores únicos según radio de muestreo (1, 5 y 10 km)	22
Figura 7: Resumen anual de especies únicas y observadores únicos en el periodo 1999–2024	23
Figura 8: Registros totales anuales en el BVPP (1999–2024)	21
Figura 9: Curva de acumulación de especies con estimadores de abundancia en el BVPP (1999–2024)	26
Figura 10: Distribución espacial de registros de Passeriformes en el BVPP y alrededores (1999–2024) en GBIF	27

Índice de tablas

Tabla 1: Resumen de observadores, especies y registros según radio de muestreo (1999–2024)

..... 22

Tabla 2: Diez especies de Passeriformes con mayor número de registros en el BVPP (1999–2024)

..... 25

Capítulo 1

1 Introducción

Ecuador se destaca por su extraordinaria biodiversidad de aves con más de 1.696 especies registradas por el comité ecuatoriano de registros ornitológicos (CERO) en 2024, de las cuales 1.642 están confirmadas y documentadas (CERO, 2024). Aunque el país ocupa solo el 0,2 % de la superficie terrestre del planeta, alberga casi el 19 % de las especies de aves del mundo (BirdLife International, 2020). Esta riqueza no se limita a zonas remotas, sino que también está presente en ambientes urbanos y periurbanos, como el Bosque y Vegetación Protector Prosperina (Bosque y Vegetación Protector Prosperina (BVPP)), al noroeste de Guayaquil, el cual cuenta con una extensión de 264,86 hectáreas (Pérez-Correa, Vela-Torres, Sobrevilla-Cruz, Jiménez-Feijoo, & Piedrahita, 2025). A pesar de estar rodeado por áreas de expansión urbana, el BVPP constituye un remanente valioso de bosque seco tropical, un ecosistema altamente amenazado en la región Tumbesina, que ha perdido cerca del 65 % de su cobertura original (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010).

En el BVPP se han registrado al menos 220 especies de aves a la fecha (ESPOL, 2024). Muchas de estas especies pertenecen al orden Passeriformes (Figura 1) (Figura 1), conocido por su elevada diversidad y relevancia ecológica. Estas aves desempeñan funciones esenciales en el ecosistema, como la dispersión de semillas, la polinización y el control biológico de insectos (Rodríguez & Montalvo, 2017). Sin embargo, el enfoque del proyecto se centra en el análisis espacio temporal de las aves Passeriformes en el BVPP y sus alrededores, buscando determinar la riqueza reportada en el bosque, si esta biodiversidad ha cambiado a lo largo del tiempo, y si existen vacíos de investigación, es decir, áreas del bosque que han sido limitadamente exploradas en términos de biodiversidad ornitológica.

Figura 1*Aves Passeriformes del Ecuador*

La falta de datos concretos sobre la biodiversidad ornitológica del BVPP responde principalmente a la ausencia de investigaciones continuas y metodológicamente estandarizadas. Aunque existen registros en plataformas abiertas como GBIF, eBird o iNaturalist, estos datos provienen mayormente de observaciones ocasionales y no siempre están asociados a esfuerzos de muestreo sistemáticos ni a un repositorio local que integre la información de forma consolidada. Además, sin datos verificables, se dificulta la formulación de políticas públicas efectivas y la participación activa de la ciudadanía en procesos de conservación. Este vacío de información también representa una desconexión social y ecológica, dificultando la implementación de estrategias de conservación y el desarrollo de iniciativas educativas o ecoturísticas sostenibles (Sullivan et al., 2009).

Frente a este contexto, se plantea un proyecto de investigación enfocado en el análisis de la diversidad de aves reportadas en base de datos de libre acceso y su variabilidad espaciotemporal, mediante el uso de plataformas como GBIF y eBird. A través de esta metodología, se busca crear una base de datos digital y georreferenciada que funcione como

insumo para estrategias de gestión ambiental, monitoreo ecológico y educación en biodiversidad. Los resultados obtenidos se sistematizarán en un protocolo de recolección de datos de la diversidad general de Passeriformes, en busca de facilitar el monitoreo interanual de la avifauna del BVPP, permitiendo evaluar los impactos derivados del cambio climático, urbanización o intervenciones antropogénicas.

1.1 Descripción del Problema

El BVPP se enfrenta a una problemática clave: la falta de información actualizada y sistemática sobre la biodiversidad ornitológica del área, particularmente en lo que respecta a las aves Passeriformes. A pesar de que existen repositorios nacionales como iNaturalist Ecuador y GBIF, que contienen valiosos registros de biodiversidad, estos no están específicamente adaptados al contexto local del BVPP ni organizados de manera que permitan un fácil acceso para proyectos o políticas de conservación efectivas, implementación de iniciativas sostenibles de educación y ecoturismo en la zona como, por ejemplo, la implementación de rutas de avistamiento de aves (Sullivan et al., 2014).

Este tipo de iniciativas podrían ofrecer una experiencia educativa y de bajo impacto en la naturaleza, ya que, estudios recientes demuestran que el ecoturismo centrado en la observación de aves genera ingresos sostenibles para las comunidades locales, a la vez que promueve la conservación de los ecosistemas (Sekercioglu, 2002; Navarro & Vargas, 2021).

1.2 Justificación del Problema

El propósito de esta investigación es analizar la diversidad de aves Passeriformes en el BVPP, con especial enfoque en los vacíos de muestreo sobre la biodiversidad ornitológica existentes en el BVPP, así como su variabilidad espaciotemporal. Mediante el uso de plataformas

de datos abiertas como GBIF y eBird, se busca identificar cuántas especies han sido reportadas históricamente en la zona, cómo ha cambiado esta biodiversidad a lo largo del tiempo, y cuáles son las áreas o periodos con menos datos disponibles. A través de este análisis, se pretende obtener una visión más clara de la biodiversidad actual y cómo ha variado en los últimos años.

Se busca establecer un protocolo estandarizado de recolección de datos sobre la biodiversidad ornitológica en el BVPP, que permita la implementación de una estrategia de investigación en ornitofauna que facilite el monitoreo de aves. La base de datos que se generará a partir de este análisis, con información georreferenciada, servirá como insumo clave para estrategias de gestión ambiental y conservación de áreas protegidas. Además, al contar con un repositorio digital accesible, se podrá realizar monitoreos interanuales y facilitar la toma de decisiones basadas en datos verificables para la conservación de la biodiversidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la distribución espacio-temporal de las aves registradas en bases de datos digitales, utilizando análisis geoespaciales y herramientas estadísticas, para la identificación de vacíos de investigación y variaciones significativas a lo largo del tiempo en el BVPP.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Realizar un estudio espacial de las aves en el BVPP utilizando herramientas geoespaciales y registros de plataformas como GBIF y eBird, para el reconocimiento de vacíos de muestreo y la generación de un análisis de especies cercanas dentro de un radio determinado.

2. Sistematizar una base de datos digital y georreferenciada mediante el uso del paquete R, realizando un análisis estadístico para la comparación de la diversidad de aves entre años de muestreo (1999–2024).

1.4 Marco teórico

1.4.1 Conservación y distribución de aves en Ecuador: Desafíos en ecosistemas urbanos

El Ecuador es reconocido mundialmente por su extraordinaria diversidad de aves, gracias a su ubicación geográfica y la variedad de ecosistemas que alberga. Entre ellos destacan los bosques secos tropicales, como el BVPP, un bioma altamente amenazado y reducido a una fracción de su extensión original en el Neotrópico, con baja representatividad en áreas protegidas y alta fragilidad ecológica (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010; Rivas et al., 2020). Los bosques secos tropicales son hogar de numerosas especies de aves, muchas de las cuales están perfectamente adaptadas a condiciones estacionales, pero la expansión urbana y la deforestación ejercen una presión constante sobre su integridad, especialmente en la costa ecuatoriana y el entorno metropolitano de Guayaquil (Manchego et al., 2017; Borde et al., 2021).

En Ecuador, la información sobre la biodiversidad de aves sigue estando dispersa en diversas plataformas como GBIF y eBird, pero no se cuenta con un análisis consolidado de estos datos. Esto limita su utilización efectiva para la toma de decisiones en conservación, especialmente en los bosques urbanos y periurbanos, donde la proximidad al entorno humano complica aún más la gestión.

1.4.2 El rol ecológico de las aves y el orden Passeriformes

El monitoreo de aves se ha consolidado como una herramienta clave para evaluar la salud de los ecosistemas urbanos y periurbanos. Las aves son muy sensibles a los cambios en su entorno, lo que las convierte en indicadores tempranos de alteraciones ecológicas. Particularmente, las aves Passeriformes, desempeñan funciones esenciales en los ecosistemas, ya que, son responsables de tareas vitales como la dispersión de semillas, la polinización, la maduración de masa forestal, procesos de matorralización y el control de la evolución de especies insectívoras, todas las cuales son necesarias para mantener el equilibrio ecológico y la salud del ecosistema (Rodríguez & Montalvo, 2017). En varios estudios realizados en Ecuador, como en el Parque Metropolitano de Quito y la Reserva Ecológica Arenillas, se ha comprobado que el seguimiento de aves, especialmente los Passeriformes, es un reflejo claro de la calidad del hábitat, la biodiversidad y las presiones causadas por la urbanización (Osorio & Novoa, 2017). Sin embargo, la información sobre la distribución específica de aves en el BVPP y las fluctuaciones de sus poblaciones a lo largo del tiempo sigue siendo escasa, lo que subraya la necesidad de realizar un monitoreo más detallado.

1.4.3 Uso de Bases de Datos Abiertas para el Monitoreo de Biodiversidad

Las plataformas de datos abiertos como GBIF, eBird y iNaturalist han cambiado la forma en que los investigadores recopilan y analizan los datos de biodiversidad. GBIF, en particular, ofrece acceso a una base de datos global que conecta a investigadores de todo el mundo, permitiendo acceder a información histórica sobre la distribución de especies. Estas plataformas son herramientas poderosas para realizar análisis espaciales y temporales, fundamentales para identificar vacíos de muestreo y detectar variaciones en las poblaciones de especies a lo largo del tiempo (Sullivan et al., 2017).

El uso de herramientas como R para procesar estos datos permite realizar análisis estadísticos complejos que permiten evaluar la diversidad y la abundancia relativa de las especies. Estos análisis no solo ayudan a identificar los cambios en las poblaciones, sino que también facilitan la creación de modelos predictivos, que pueden anticipar cómo las especies podrían comportarse bajo diferentes escenarios ecológicos y ambientales.

1.4.4 Importancia del Análisis Espaciotemporal para la Conservación

El análisis espaciotemporal es una herramienta indispensable para entender cómo las especies interactúan con su entorno a lo largo del tiempo y el espacio. Este tipo de análisis permite identificar zonas críticas para la conservación, así como áreas que podrían estar siendo inadvertidamente descuidadas en los esfuerzos de protección. Para el BVPP, aplicar un análisis espaciotemporal es esencial para comprender cómo la biodiversidad aviar ha cambiado con el tiempo y qué factores pueden estar influyendo en esos cambios.

La georreferenciación de los datos de biodiversidad aviar también facilita la visualización de patrones espaciales, lo cual es clave para diseñar estrategias de conservación basadas en datos precisos. En los últimos años, herramientas geoespaciales como QGIS, junto con los datos de eBird y GBIF, han demostrado ser fundamentales para la gestión ecológica de áreas protegidas en distintas partes del mundo (Sullivan et al., 2017).

Capítulo 2

2 Metodología.

2.1 Formulación de Alternativas de Solución

Para abordar la ausencia de una base de datos sistematizada sobre la diversidad y distribución de aves Passeriformes en el BVPP, se planteó la formulación de un protocolo de recopilación de datos que: (i) permitió reunir información de diferentes bases de datos, integrando registros de GBIF y eBird, (ii) enfocó las especies específicas según la investigación deseada, en este caso, filtró por el taxón objetivo (Passeriformes), (iii) delimitó espacialmente mediante tres radios concéntricos (1, 5 y 10 km) alrededor del BVPP para conocer la distribución y relaciones intraespecíficas de los individuos, y (iv) produjo salidas limpias y comparables (tablas maestras, resúmenes por radio/año y visualizaciones), de esta manera se sistematizaron los datos en un repositorio local de libre acceso.

La implementación técnica se realizó en R empleando paquetes como *rgbif*, que sirvió para realizar una consulta programática a GBIF, *dplyr/tidyr/stringr* que se encargaron de la depuración y estandarización de campos (p. ej., observadores), *geosphere* que implementó una distancia *Haversine* para el filtro circular exacto, *readr/readxl/writexl* que permitieron la entrada/salida en CSV/Excel y *ggplot2* para realizar las gráficas por radio y por año.

2.2 Justificación de la Metodología Seleccionada

(i) Se eligió GBIF debido a su acceso abierto y su amplia cobertura de datos georreferenciados sobre biodiversidad mundial, facilitando estudios ecológicos y de conservación (Bachman et al., 2012). Este repositorio proporciona información verificada sobre especies y localizaciones, con registros de diversas fuentes colaborativas, como observaciones ciudadanas (e.g., iNaturalist).

(ii) La elección de los Passeriformes como grupo de estudio se debió a su alta diversidad y relevancia ecológica. Este grupo representa aproximadamente 60% de todas las especies de aves y está bien distribuido en diferentes hábitats, incluidos ambientes urbanos (Jetz et al., 2012). Como indicadores de la salud de los ecosistemas, los Passeriformes son sensibles a los cambios ambientales y la alteración de hábitats (Ralph et al., 1995), lo que los convierte en un grupo ideal para estudiar los efectos de la urbanización y cambio climático en el BVPP.

(iii) El diseño de tres radios concéntricos (1, 5 y 10 km) permitió capturar un gradiente espacial que facilita el análisis de la distribución de la biodiversidad. Este enfoque ha sido ampliamente utilizado en estudios de ecología de paisajes y conservación, ya que permite explorar cómo varía la riqueza de especies y la composición de comunidades a medida que se amplía el área de muestreo (Fahrig, 2003). Al incluir estos tres radios, se identificaron vacíos de muestreo en áreas cercanas al núcleo del BVPP, lo que permitió priorizar esfuerzos de conservación y monitoreo en zonas con menor cobertura (Harvey et al., 2008). Este diseño también facilitó la comparación de las tendencias interanuales (1999–2024), proporcionando una base para evaluaciones ecológicas a largo plazo.

(iv) R permite crear *scripts* versionables que garantizan resultados consistentes bajo los mismos parámetros, lo que asegura transparencia y trazabilidad en el proceso de análisis (Peng, 2011). La utilización de paquetes como *rgbif*, *dplyr*, *geosphere* y *ggplot2* facilitó la automatización del flujo de trabajo, reduciendo el tiempo y los costos asociados con el procesamiento manual de grandes volúmenes de datos (Allaire et al., 2024).

2.3 Diseño Conceptual

La investigación buscó abordar los vacíos de muestreo y proporcionó una visión espacial clara de la biodiversidad aviar, específicamente de las especies de Passeriformes, en el BVPP.

Para ello, el diseño conceptual se articuló alrededor de tres componentes principales:

1. Selección de los datos: El uso de registros provenientes de GBIF
2. Enfoque espacial: A través de tres radios concéntricos (1, 5 y 10 km)
3. Enfoque temporal: El análisis de los registros en el periodo 1999–2024 para contrastar las variaciones interanuales en la riqueza y los esfuerzos de muestreo.

La estrategia metodológica se complementa con el uso de R, que facilita la integración de los datos y la automatización del proceso de análisis, asegurando reproducibilidad y eficiencia en el manejo de grandes volúmenes de datos.

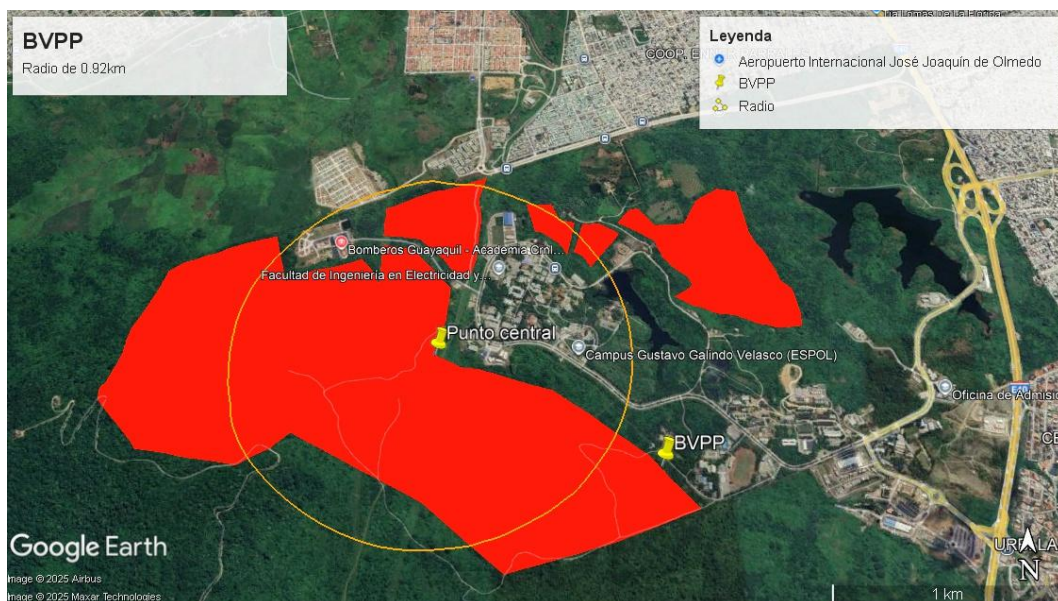
2.4 Diseño Detallado de la Metodología

2.4.1 Selección del área de estudio

Se realizó una revisión inicial en la extensión del BVPP, el cual tiene un área de 2.65 Km². Tomando como punto central las coordenadas S 2° 8'55.17"O 79°58'12.69", se trazó un círculo con un radio de 0.92 Km.

Figura 2

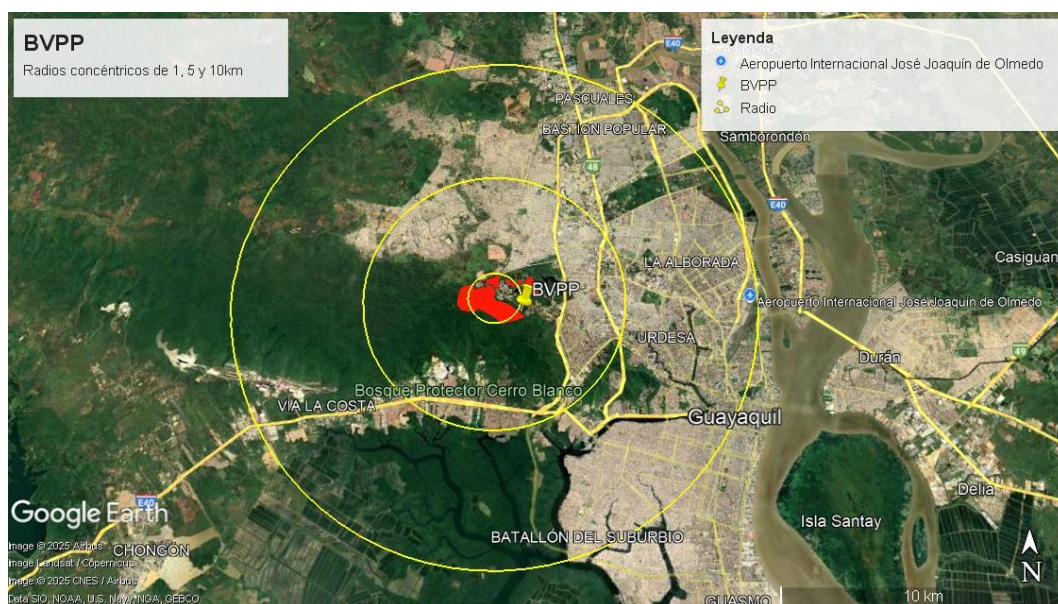
Extensión del BVPP con un radio de 0.92 Km



Nota: Se establecieron tres radios concéntricos que permitieron un análisis detallado de la biodiversidad a diferentes escalas espaciales.

Figura 3

Radios concéntricos alrededor del BVPP



2.4.2 Recopilación de datos

La recopilación de datos se realizó consultando a GBIF utilizando la *API* de R a través del paquete *rgbif*. El proceso de recopilación de datos se estructuró en los siguientes pasos:

- 1) **Uso del paquete *rgbif*:** Luego de la configuración de los parámetros de consulta (coordenadas del BVPP y los radios de muestreo), se utilizó la función *name_backbone()* para obtener el *taxonKey* de Passeriformes y filtrar los registros de aves de este orden, como se muestra en el siguiente fragmento de código:

```
lon_site <- -79.97019166666666
```

```
lat_site <- -2.1486583
```

```
radios_km <- c(1, 5, 10)
```

```
radios_m <- radios_km * 1000
```

```
tx <- rgbif::name_backbone(name = "Passeriformes")
```

```
if (is.null(tx$usageKey)) stop("No se pudo resolver Passeriformes en GBIF.")
```

```
taxon_key <- tx$usageKey
```

- 2) **Definición de la geografía del área de estudio (*Bounding Box*):** Para limitar el área de muestreo en torno al BVPP, se construyó *un bounding box* que define un polígono alrededor del centro del BVPP. Esta caja geográfica se ajusta para cada radio (1 km, 5 km, 10 km), utilizando el cálculo de deltas latitudinales y longitudinales. El código que implementa este paso es el siguiente:

```
delta_lat <- r_km / 111.32
```

```
delta_lon <- r_km / (111.32 * cos(lat_site * pi/180))
```

```
min_lon <- lon_site - delta_lon
```

```
max_lon <- lon_site + delta_lon
```

```
min_lat <- lat_site - delta_lat
```

```
max_lat <- lat_site + delta_lat
```

```
wkt_box <- sprintf(
```

```
"POLYGON((%f%f,%f%f,%f%f,%f%f,%f%f))",
```

```
min_lon, min_lat,
```

```
max_lon, min_lat,
```

```
max_lon, max_lat,
```

```
min_lon, max_lat,
```

```
min_lon, min_lat
```

```
)
```

- 3) **Consulta y paginación de registros de GBIF:** La función *occ_search()* de *rgbif* realiza la consulta de registros de Passeriformes dentro del área delimitada por el *bounding box*. Se establecieron filtros adicionales, como el rango de años (1999-2024) y la validación de las coordenadas geográficas. Debido a la posibilidad de

recibir una gran cantidad de datos, se implementó paginación para procesar los resultados en bloques de 300 registros.

```

limit <- 300

start <- 0

pages <- list()

repeat {

  res <- rgbif::occ_search(

    taxonKey      = taxon_key,

    geometry      = wkt_box,

    hasCoordinate = TRUE,

    hasGeospatialIssue = FALSE,

    year          = sprintf("%d,%d", year_min, year_max),

    limit         = limit,

    start         = start

  )

  d <- res$data

  if (is.null(d) || nrow(d) == 0) break

  pages[[length(pages)+1]] <- d

  if (nrow(d) < limit) break

```

```

start <- start + limit

}

```

- 4) **Filtrado de registros dentro del radio de estudio:** Tras descargar los datos, se aplicó un filtro de distancia *Haversine* utilizando el paquete *geosphere*, que calcula la distancia geográfica entre las coordenadas de los registros obtenidos y el punto central del BVPP. Solo se mantuvieron aquellos registros que se encontraban dentro del radio correspondiente (1 km, 5 km, 10 km).

```

coords <- as.matrix(occ[, c("decimalLongitude", "decimalLatitude")])

dists <- geosphere::distHaversine(coords, c(lon_site, lat_site))

occ[dists <= r_m, , drop = FALSE]

```

- 5) **Guardado de los resultados:** Finalmente, los registros filtrados se guardaron en archivos CSV y, cuando fue necesario, en archivos Excel. Cada archivo contiene los registros de cada radio, lo que facilita su análisis posterior. El siguiente código guardó los resultados en un archivo CSV:

```

fn_csv <- file.path(out_dir,

sprintf("bvpp_gbif_Passeriformes_%02dkm_1999_2024.csv", r_km))

readr::write_csv(occ_r, fn_csv)

```

Capítulo 3

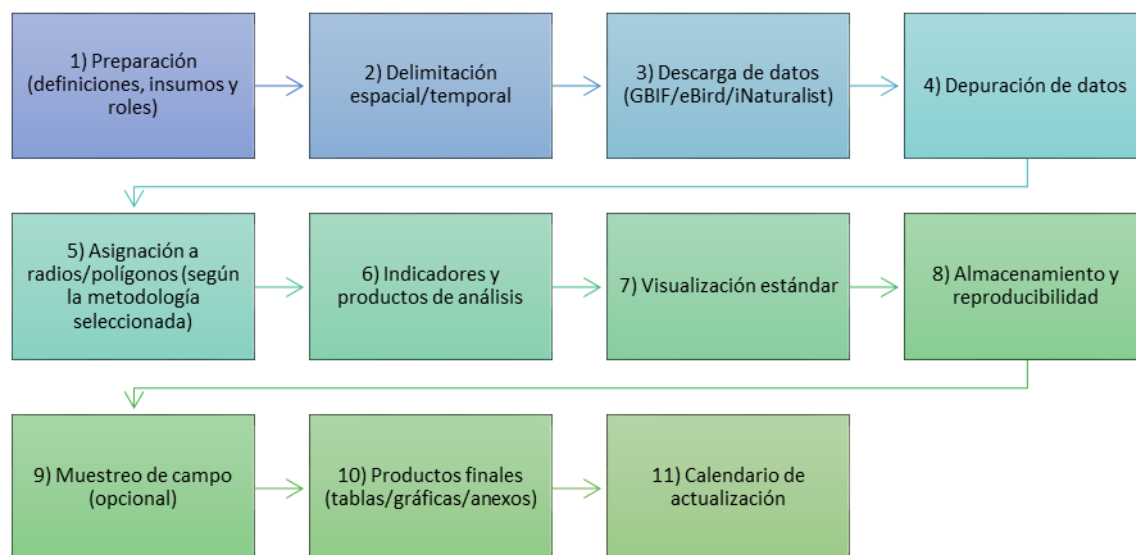
3 Resultados y análisis

3.1 Protocolo de recopilación y sistematización de datos

Para sistematizar la información sobre la diversidad de passeriformes en el BVPP, se diseñó un protocolo de recopilación y organización de datos que integra registros históricos y recientes provenientes de plataformas abiertas como GBIF y eBird. Este protocolo incluye pasos de descarga, depuración y generación de métricas clave como riqueza de especies, número de observadores y vacíos de muestreo (ver Apéndice B para el flujo completo del protocolo).

Aunque la asignación espacial de los registros puede adaptarse según la metodología que decida aplicar quien use el protocolo, se recomienda establecer radios concéntricos (por ejemplo, 1, 5 y 10 km) para estudiar los entornos inmediatos y periféricos del bosque, lo que permite obtener una visión más completa de la biodiversidad y de la influencia de las áreas circundantes.

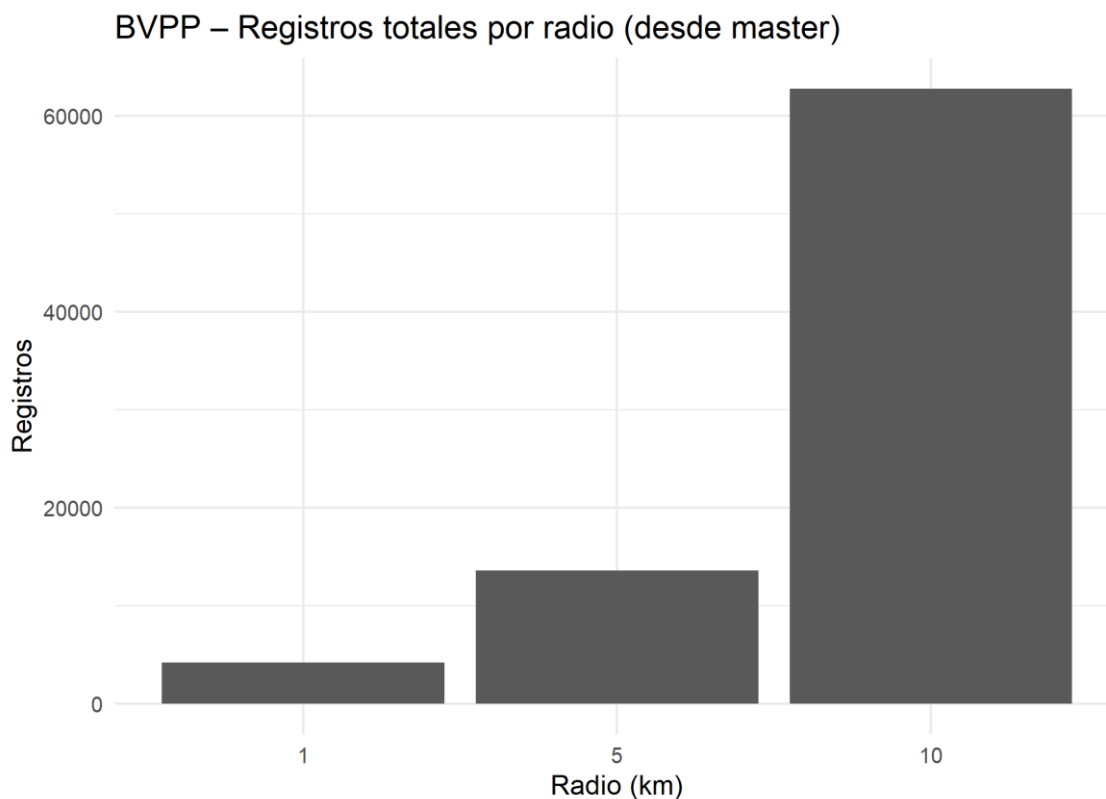
Su finalidad principal es transformar datos dispersos en información confiable y georreferenciada, permitiendo analizar patrones espaciales y temporales de la biodiversidad, detectar áreas con baja cobertura de muestreo y orientar futuras acciones de conservación (Figura 4). En otras palabras, este protocolo no solo facilita la organización y estandarización de la información, sino que también se convierte en una herramienta replicable, que permite monitorear de manera continua la biodiversidad del bosque seco tropical y apoyar la toma de decisiones basadas en datos verificables.

Figura 4*Esquematización del protocolo***3.2 Registros por radio de muestreo**

El número de registros totales difiere significativamente según el radio de muestreo (Figura 3). A 1 km se contabilizaron 4.185 registros, a 5 km se alcanzaron 13.592, y a 10 km más de 62.769. Este patrón refleja que conforme se amplía el área de muestreo, aumenta de manera exponencial el número de observaciones disponibles, lo que coincide con la distribución espacial del esfuerzo de muestreo en plataformas abiertas.

Figura 5

Registros totales de Passeriformes según radio de muestreo (1, 5 y 10 km)



3.3 Riqueza de especies y observadores por radio

La comparación espacial de la riqueza y el esfuerzo de muestreo (Figura 4 y Tabla 1) confirma un gradiente positivo.

- En el radio de 1 km se registraron 64 observadores, 96 especies únicas y 4.185 registros.
- En el radio de 5 km participaron 240 observadores, con 115 especies únicas y 13.592 registros.
- En el radio de 10 km, el más amplio, se contabilizaron 1.406 observadores, 182 especies únicas y 62.769 registros.

En conjunto, sumando los tres radios, se alcanzó un total de 1.406 observadores únicos, 187 especies únicas y 80.546 registros.

Figura 6

Resumen de especies únicas y observadores únicos según radio de muestreo (1, 5 y 10 km)

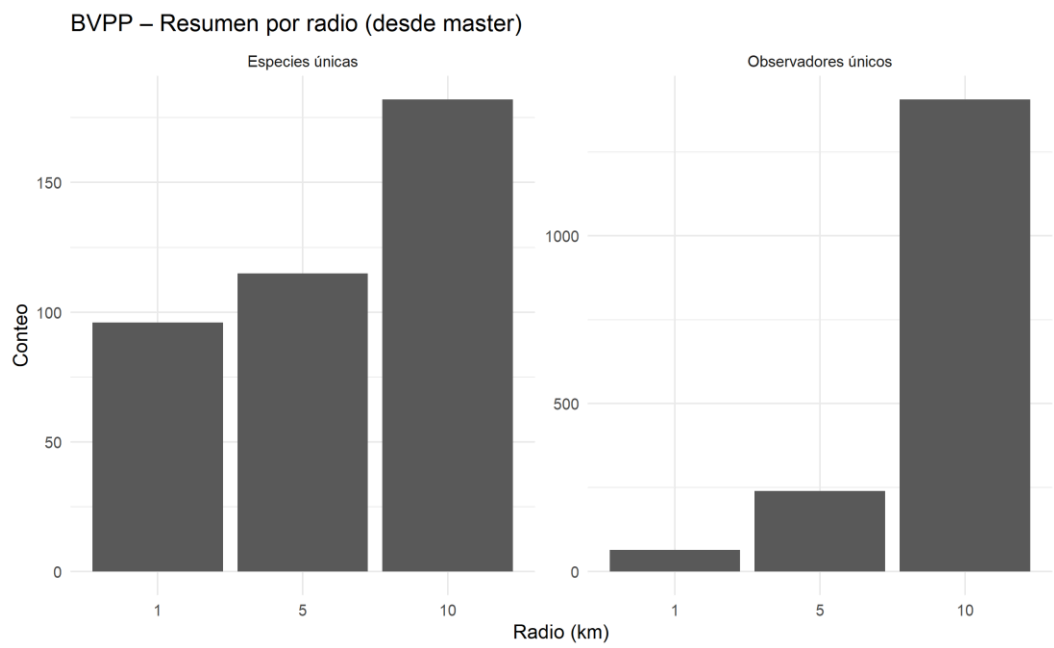


Tabla 1

Resumen de observadores, especies y registros según radio de muestreo (1999–2024)

Radio Km	Observadores únicos	Especies únicas	Registros totales
1	64	96	4185
5	240	115	13592
10	1406	182	62769
TODOS	1406	187	80546

3.4 Tendencia temporal anual

En términos temporales, los registros muestran un patrón interanual marcado por incrementos significativos en la última década (Figuras 5 y 6).

- El número de observadores únicos pasó de menos de 10 en 1999 a 338 en 2023.
- La riqueza de especies únicas se mantuvo entre 40 y 80 hasta 2010, incrementándose de forma sostenida hasta alcanzar un máximo de 125 especies en 2023.
- Los registros totales anuales crecieron de menos de 500 en los primeros años a más de 13.000 en 2019, 2021 y 2022, confirmando un aumento del esfuerzo de observación a través del tiempo.

Este crecimiento coincide con la consolidación de plataformas de ciencia ciudadana como eBird, que han facilitado la participación de un mayor número de observadores en el área de estudio.

Figura 7

Resumen anual de especies únicas y observadores únicos en el periodo 1999–2024

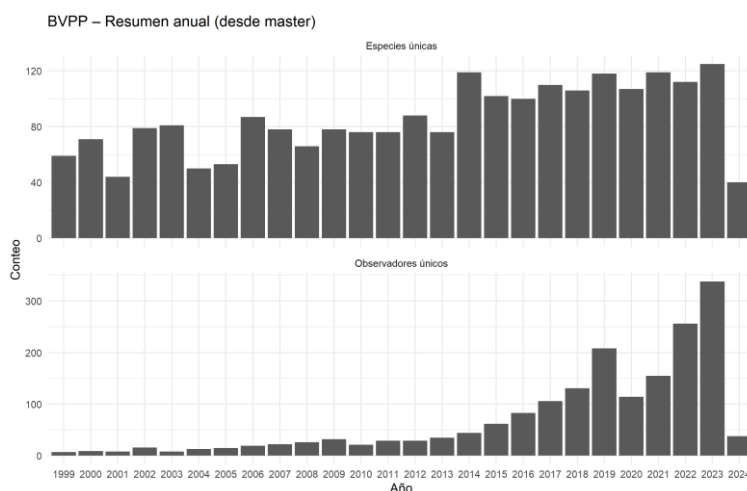


Figura 8

Registros totales anuales en el BVPP (1999–2024)



3.5 Top 10 de especies registradas

El análisis de frecuencia de registros permitió identificar las diez especies de Passeriformes más reportadas en el BVPP y su área de influencia entre 1999 y 2024 (Tabla 2). La especie *Thraupis episcopus* (tangara azuleja) fue la más abundante con 4.044 registros, seguida de *Dives waczewiczi* (negro matorralero) con 3.671 y *Sicalis flaveola* (pinzón sabanero azafranado) con 3.277. Estas especies, junto con *Tyrannus melancholicus* (tirano tropical) y *Campylorhynchus fasciatus* (soterrey ondeado), representan las cinco más comunes en la zona.

Su predominio refleja su capacidad de adaptación a hábitats perturbados y entornos urbanos, lo que evidencia la presión antrópica sobre la comunidad aviar del bosque seco tropical (Marzluff et al., 2008; Chace & Walsh, 2006).

Tabla 2

Diez especies de Passeriformes con mayor número de registros en el BVPP (1999–2024)

Top 10	Especie	Registros
1	<i>Thraupis episcopus</i>	4.044
2	<i>Dives waczewiczi</i>	3.671
3	<i>Sicalis flaveola</i>	3.277
4	<i>Tyrannus</i> <i>melancholicus</i>	3.157
5	<i>Campylorhynchus</i> <i>fasciatus</i>	2.782
6	<i>Troglodytes aedon</i>	2.445
7	<i>Turdus ignobilis</i>	2.311
8	<i>Saltator maximus</i>	1.994
9	<i>Arremon abeillei</i>	1.544
10	<i>Zonotrichia capensis</i>	1.376

Nota. La especie *Zonotrichia capensis* no pertenece al BVPP, por lo tanto, se requiere de revisión y validación en las identificaciones.

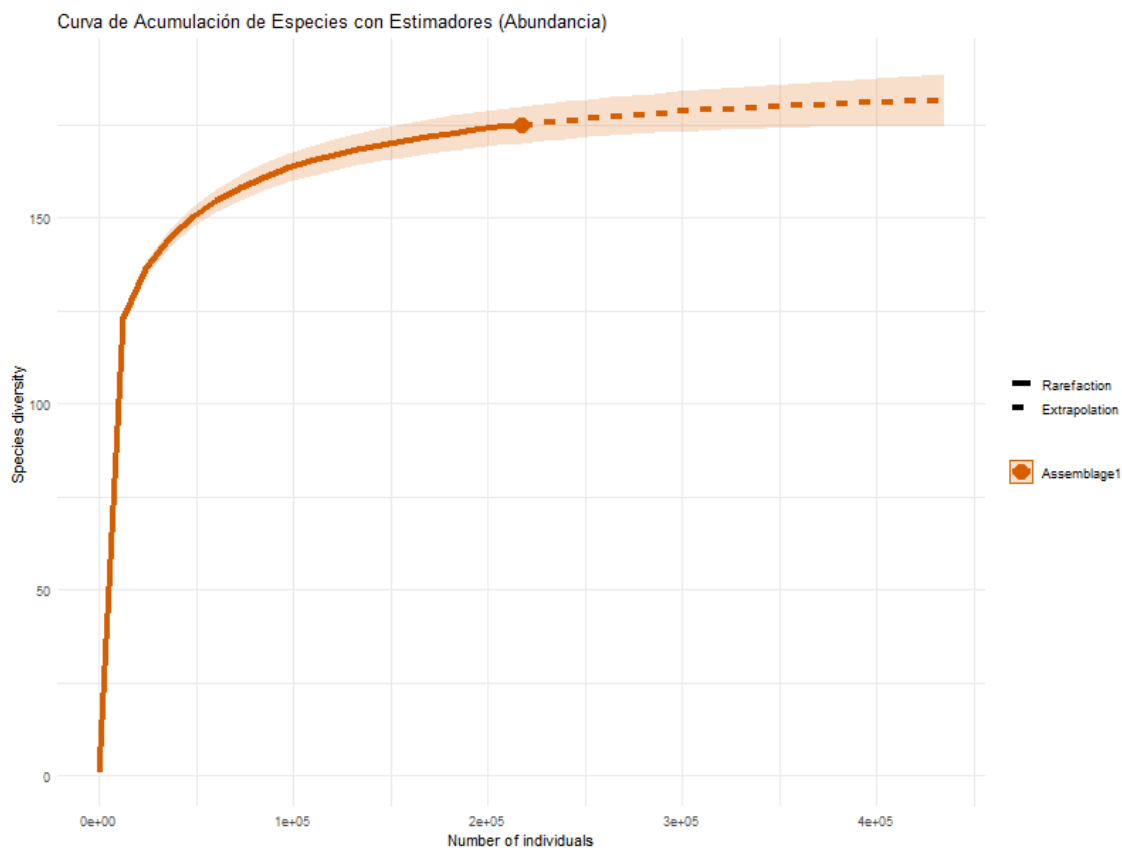
3.6 Curva de acumulación de especies

Finalmente, la curva de acumulación de especies basada en abundancia (Figura 7) evidencia una tendencia asintótica, donde la riqueza de Passeriformes aumenta de manera acelerada en los primeros registros y tiende a estabilizarse a medida que se incrementa el esfuerzo de muestreo. El modelo proyecta un máximo cercano a 180 especies, indicando que el

esfuerzo acumulado entre 1999 y 2024 ha capturado la mayor parte de la diversidad presente en el área.

Figura 9

Curva de acumulación de especies con estimadores de abundancia en el BVPP (1999–2024)



3.7 Vacíos espaciales y temporales de muestreo

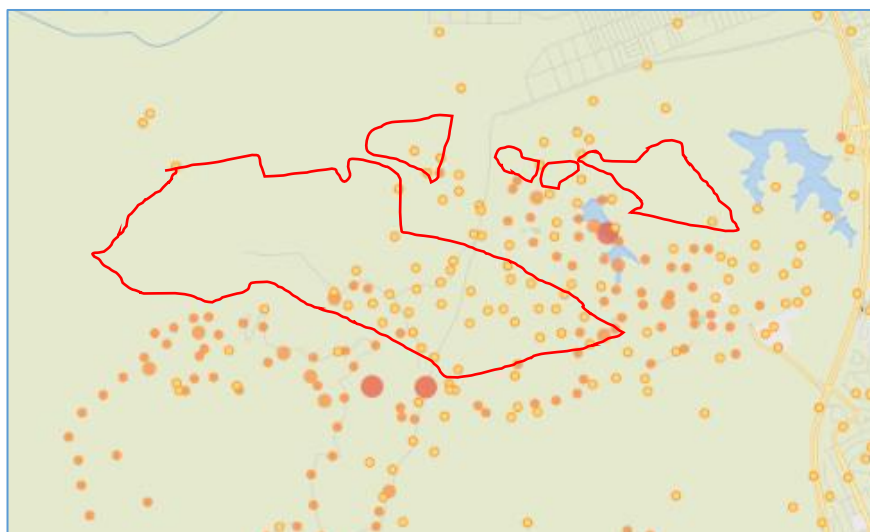
El análisis espacial de los registros de Passeriformes en el BVPP (Figura 8) permitió identificar vacíos de muestreo dentro y alrededor del polígono del área protegida. La distribución de los puntos muestra una alta concentración en el centro del BVPP y en áreas cercanas a zonas urbanas como Prosperina, mientras que en el norte del bosque los registros son escasos. De igual forma, en la transición con Los Ceibos se evidencia una cobertura reducida de observaciones.

Estos vacíos responden a zonas de conflicto y de protección permanente, por lo cual existe un menor acceso físico, por ello se presenta una mayor concentración del esfuerzo de observadores en zonas de fácil ingreso.

Asimismo, el análisis temporal mostró que entre 1999 y 2010 los registros fueron muy limitados, lo que representa vacíos interanuales de información, subsanados en la última década gracias al crecimiento de plataformas de ciencia ciudadana.

Figura 10

Distribución espacial de registros de Passeriformes en el BVPP y alrededores (1999–2024) en GBIF



Nota. Se observa una mayor concentración en el centro del polígono, y vacíos de muestreo en el sector norte.

Capítulo 4

4 Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Tras la aplicación de todas las fases planificadas en la propuesta metodológica, se obtienen las siguientes conclusiones primordiales, las cuales resumen los principales hallazgos y aportes del protocolo desarrollado para el monitoreo de la biodiversidad de Passeriformes en el BVPP.

- A través del protocolo diseñado se consolidó una base de datos espacio-temporal con 80.546 registros, correspondientes a 187 especies únicas y 1.406 observadores, lo que permitió evaluar de manera estandarizada la biodiversidad de Passeriformes en el BVPP entre 1999 y 2024.
- La aplicación del protocolo en radios de 1, 5 y 10 km permitió identificar un gradiente positivo de riqueza (96, 115 y 182 especies, respectivamente) y, al mismo tiempo, evidenció vacíos espaciales en el centro y sur del BVPP, así como en áreas de transición con Los Ceibos, donde el esfuerzo de muestreo ha sido bajo. Además, se detectaron vacíos temporales en los primeros años del periodo analizado (1999–2010), con pocos registros y observadores, lo cual podría deberse no solo a un bajo esfuerzo de muestreo, sino también a que no todos los registros históricos fueron digitalizados o incorporados en plataformas abiertas.
- El análisis temporal también reveló un incremento sostenido en la última década, alcanzando en 2023 un máximo de 125 especies únicas y 338 observadores, lo que demuestra que el protocolo permite integrar la información generada por la ciencia ciudadana en plataformas como eBird, fortaleciendo la gestión local de datos.

- El protocolo permitió además identificar especies dominantes (*Thraupis episcopus*, *Dives waczewiczi*, *Sicalis flaveola*, entre otras), reflejando cómo la urbanización favorece a especies generalistas y resalta la necesidad de estrategias de conservación dirigidas a especies más sensibles.
- Por último, la curva de acumulación de especies mostró un patrón asintótico con un máximo proyectado cercano a 180 especies, confirmando que el protocolo aplicado garantiza un esfuerzo de muestreo suficiente para caracterizar la riqueza de Passeriformes en el área y constituye una herramienta útil para establecer medidas de conservación y monitoreo a largo plazo.

4.2 Recomendaciones

Una vez culminadas las etapas previstas en la propuesta, se presentan a continuación las recomendaciones primordiales, orientadas a optimizar el uso del protocolo, reducir sesgos y garantizar la continuidad del monitoreo de aves en el BVPP y áreas similares.

- Aunque la metodología aplicada es robusta, presenta limitaciones propias del uso de datos abiertos. Los registros de GBIF y plataformas similares están sujetos a sesgos espaciales y temporales, ya que dependen del esfuerzo de observación. Esto puede generar una subrepresentación en ciertas áreas y periodos, especialmente en sectores remotos o de difícil acceso. Así como la identificación errónea de especies (desarrolla esto un poco más, talvez como un bullte point aparte).
- A pesar de la aplicación de filtros de depuración, siempre existe el riesgo de incluir datos con errores geoespaciales o de identificación. Por ello, se sugiere

reforzar los procesos de verificación con expertos y el uso de algoritmos de control de calidad para minimizar estas limitaciones.

- Frente a este escenario, se recomienda priorizar campañas de muestreo en el centro y sur del BVPP, así como en las zonas de transición con Los Ceibos, donde se evidenciaron vacíos espaciales, además de incentivar la continuidad de observaciones anuales para disminuir vacíos temporales. Asimismo, es importante considerar que algunos de estos vacíos podrían deberse a que no todos los registros históricos han sido digitalizados o incorporados en repositorios abiertos.
- Finalmente, el protocolo desarrollado permitió identificar patrones espaciales y temporales de biodiversidad. Se recomienda su aplicación periódica y su expansión a otros grupos taxonómicos, de manera que se consolide como un modelo replicable de monitoreo en áreas protegidas urbanas y periurbanas.

Referencias

- Allaire, J. J., Xie, Y., Dervieux, C., McPherson, J., Luraschi, J., Ushey, K., Atkins, A., Wickham, H., Cheng, J., Chang, W., & Iannone, R. (2024). *rmarkdown: Dynamic documents for R* (R package version 2.29).
<https://doi.org/10.32614/CRAN.package.rmarkdown>
- Bachman, S., Moat, J., Hill, A. W., de la Torre, J., & Scott, B. (2012). Supporting Red List threat assessments with GeoCAT: Geospatial conservation assessment tool. *ZooKeys*, 150, 117–126. <https://doi.org/10.3897/zookeys.150.2109>
- BirdLife International. (2020). *World bird database*. BirdLife International.
<https://www.birdlife.org>
- Borde, R., Ferrer-Sánchez, Y., & Sánchez, J. (2021). Urbanization effects on bird communities in neotropical dry forests. *Urban Ecosystems*, 24, 913–925.
<https://doi.org/10.1007/s11252-020-01070-1>
- Chace, J. F., & Walsh, J. J. (2006). Urban effects on native avifauna: A review. *Landscape and Urban Planning*, 74(1), 46–69.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.08.007>
- ESPOL. (2024). *Registros de aves en el Bosque y Vegetación Protector Prosperina*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Harvey, C. A., Komar, O., Chazdon, R. L., Ferguson, B. G., Finegan, B., Griffith, D. M., Martínez-Ramos, M., Morales, H., Nigh, R., Soto-Pinto, L., van Breugel, M., & Wishnie, M. (2008). Integrating agricultural landscapes with biodiversity conservation in the Mesoamerican hotspot. *Conservation Biology*, 22(1), 8–15.
<https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2007.00863.x>

- Jetz, W., Thomas, G. H., Joy, J. B., Hartmann, K., & Mooers, A. O. (2012). The global diversity of birds in space and time. *Nature*, 491(7424), 444–448.
<https://doi.org/10.1038/nature11631>
- Manchego, C., Delgado, C., & Molina, A. (2017). Impacto de la urbanización sobre la biodiversidad en ecosistemas secos tropicales del Ecuador. *Revista Ecosistemas*, 26(2), 45–58. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-2.07>
- Navarro, J., & Vargas, F. (2021). Birdwatching tourism as a tool for conservation in Latin America. *Journal of Ecotourism*, 20(1), 33–49.
<https://doi.org/10.1080/14724049.2020.1801734>
- Osorio, C., & Novoa, A. (2017). Avifauna urbana como indicador de calidad ambiental en Quito, Ecuador. *Ecología Aplicada*, 16(1), 35–43.
<https://doi.org/10.21704/rea.v16i1.987>
- Peng, R. D. (2011). Reproducible research in computational science. *Science*, 334(6060), 1226–1227. <https://doi.org/10.1126/science.1213847>
- Pérez-Correa, J., Vela-Torres, P., Sobrevilla-Cruz, M., Jiménez-Feijoo, R., & Piedrahita, G. (2025). Diagnóstico ecológico del Bosque Protector Prosperina. *Revista de Ciencias Ambientales*, 32(1), 55–72.
- Portillo-Quintero, C., & Sánchez-Azofeifa, G. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*, 143(1), 144–155.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.09.020>
- Ralph, C. J., Sauer, J. R., & Droege, S. (1995). *Monitoring bird populations by point counts*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station.

- Rivas, M., Herrera, J., & Cárdenas, D. (2020). Estado de conservación de los bosques secos del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 10(2), 15–29.
- Rodríguez, E., & Montalvo, D. (2017). Rol ecológico de las aves en ecosistemas urbanos de Ecuador. *Boletín Técnico Ornitología Ecuatoriana*, 8(1), 25–39.
- Sekercioglu, C. H. (2002). Impacts of birdwatching ecotourism on local communities and conservation. *Environmental Conservation*, 29(3), 282–289.
<https://doi.org/10.1017/S0376892902000206>
- Sullivan, B. L., Wood, C. L., Iliff, M. J., Bonney, R. E., Fink, D., & Kelling, S. (2009). eBird: A citizen-based bird observation network in the biological sciences. *Biological Conservation*, 142(10), 2282–2292. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.05.006>
- Sullivan, B. L., Aycrigg, J. L., Barry, J. H., Bonney, R. E., Bruns, N., Cooper, C. B., ... & Kelling, S. (2014). The eBird enterprise: An integrated approach to development and application of citizen science. *Biological Conservation*, 169, 31–40.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.11.003>
- Sullivan, B. L., Phillips, T. B., Dayer, A. A., Wood, C. L., Farnsworth, A., Iliff, M. J., Davies, I. J., Wiggins, A., Fink, D., & Hochachka, W. M. (2017). Using open-access observational data for conservation action: A case study for birds. *Biological Conservation*, 208, 5–14. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.04.031>

Apéndice A

Código de R usado para la recopilación de datos del BVPP

0) Instalación de Paquetes

```
install.packages(c("rgbif", "dplyr", "tidyr", "geosphere", "ggplot2", "readr", "writexl"))
```

1) Parámetros

```
lon_site <- -79.97019166666666 # Longitud del BVPP
```

```
lat_site <- -2.1486583 # Latitud del BVPP
```

```
radios_km <- c(1, 5, 10) # Radios para el análisis (en km)
```

```
radios_m <- radios_km * 1000 # Convertir a metros
```

```
year_min <- 1999 # Año mínimo
```

```
year_max <- 2024 # Año máximo
```

```
out_dir <- "C:/Users/Nina/Downloads/Integradora_datos/DatosR/" # Directorio de salida
```

2) TaxonKey Passeriformes (Robusto)

```
library(rgbif)
```

```
# Consultar el TaxonKey para Passeriformes
```

```
tx <- name_backbone(name = "Passeriformes")
```

```
if (is.null(tx$usageKey)) stop("No se pudo resolver Passeriformes en GBIF.")
```

```
taxon_key <- tx$usageKey # Guardar el TaxonKey
```

3) Función de Descarga por Radio (con Paginado + Filtro Círculo)

```
descargar_datos_por_radio <- function(r_km, taxon_key, lon_site, lat_site, year_min,  
year_max) {
```

```
  # Definir el Bounding Box en función del radio (en metros)
```

```
  delta_lat <- r_km / 111.32
```

```
  delta_lon <- r_km / (111.32 * cos(lat_site * pi/180))
```

```
  min_lon <- lon_site - delta_lon
```

```
  max_lon <- lon_site + delta_lon
```

```
  min_lat <- lat_site - delta_lat
```

```
  max_lat <- lat_site + delta_lat
```

```
  # Crear la caja geográfica (bounding box)
```

```
  wkt_box <- sprintf(
```

```
    "POLYGON((%f%f,%f%f,%f%f,%f%f,%f%f))",
```

```
    min_lon, min_lat,
```

```
    max_lon, min_lat,
```

```
    max_lon, max_lat,
```

```

    min_lon, max_lat,

    min_lon, min_lat

)

# Realizar la consulta a GBIF con paginado

limit <- 300

start <- 0

pages <- list()

repeat {

    res <- occ_search(

        taxonKey = taxon_key,

        geometry = wkt_box,

        hasCoordinate = TRUE,

        hasGeospatialIssue = FALSE,

        year = sprintf("%d,%d", year_min, year_max),

        limit = limit,

        start = start

    )

    d <- res$data

```

```

    if (is.null(d) || nrow(d) == 0) break

    pages[[length(pages) + 1]] <- d

    if (nrow(d) < limit) break

    start <- start + limit

  }

  # Combinar todos los datos descargados

  data <- do.call(rbind, pages)

  return(data)

}

```

4) Descarga por Cada Radio y Guardado por Radio

```

for (r_km in radios_km) {

  # Descargar datos para el radio actual

  data <- descargar_datos_por_radio(r_km, taxon_key, lon_site, lat_site, year_min,
year_max)

  # Guardar los datos en un archivo CSV por cada radio

  fn_csv <- file.path(out_dir,

sprintf("bvpp_gbif_Passeriformes_%02dkm_1999_2024.csv", r_km))

  write.csv(data, fn_csv, row.names = FALSE)

```

```
}
```

5) Combinar Todos los Radios y Guardar Archivo General Excel

```
# Cargar todos los archivos CSV por cada radio
```

```
all_data <- list()
```

```
for (r_km in radios_km) {
```

```
  fn_csv <- file.path(out_dir,
```

```
sprintf("bvpp_gbif_Passeriformes_%02dkm_1999_2024.csv", r_km))
```

```
  data <- read.csv(fn_csv)
```

```
  all_data[[as.character(r_km)]] <- data
```

```
}
```

```
# Combinar todos los radios en un solo dataframe
```

```
combined_data <- do.call(rbind, all_data)
```

```
# Guardar el archivo combinado en Excel
```

```
write_xlsx(combined_data, path =
```

```
"C:/Users/Nina/Downloads/Integradora_datos/DatosR/bvpp_gbif_Passeriformes_ALL.xlsx")
```

6) Resumen de Observadores y Especies Únicas (Excel)

```
observadores_unicos <- length(unique(combined_data$observer))
```

```

especies_unicas <- length(unique(combined_data$species))

# Crear un resumen y guardarlo en Excel

resumen <- data.frame(

  "Observadores Únicos" = observadores_unicos,

  "Especies Únicas" = especies_unicas

)

write_xlsx(resumen, path =

"C:/Users/Nina/Downloads/Integradora_datos/DatosR/resumen_observadores_especies.xlsx")

```

7) Gráficas y Exportación a PNG

Crear gráfica de la abundancia de especies

```

ggplot(combined_data, aes(x = species)) +

  geom_bar() +

  labs(title = "Abundancia de Especies", x = "Especie", y = "Número de Registros") +

  theme(axis.text.x = element_text(angle = 90, hjust = 1))

```

Guardar la gráfica como PNG

```

ggsave("C:/Users/Nina/Downloads/Integradora_datos/DatosR/abundancia_especies.png")

```

")

8) Tabla de Especies Únicas (Sin Repetir)

Crear tabla de especies únicas sin repetir

```
especies_unicas_data <- unique(combined_data$species)
```

Guardar en archivo Excel

```
write_xlsx(data.frame(especies_unicas = especies_unicas_data), path =  
"C:/Users/Nina/Downloads/Integradora_datos/DatosR/especies_unicas.xlsx")
```

9) Curva de Abundancia Total

Crear curva de abundancia total

```
abundancia_total <- combined_data %>%
```

```
group_by(species) %>%
```

```
summarise(total_registros = n()) %>%
```

```
arrange(desc(total_registros))
```

Graficar curva de abundancia

```
ggplot(abundancia_total, aes(x = reorder(species, total_registros), y = total_registros))
```

+

```
geom_bar(stat = "identity") +
```

```
coord_flip() +
```

```
labs(title = "Curva de Abundancia Total", x = "Especie", y = "Número de Registros")
```

```
# Guardar como PNG
```

```
ggsave("C:/Users/Nina/Downloads/Integradora_datos/DatosR/curva_abundancia_total.  
png")
```

10) Número de Registros por Cada Especie

```
# Contar el número de registros por especie
```

```
registros_por_especie <- combined_data %>%
```

```
group_by(species) %>%
```

```
summarise(registros = n())
```

```
# Guardar en Excel
```

```
write_xlsx(registros_por_especie, path =  
"C:/Users/Nina/Downloads/Integradora_datos/DatosR/registros_por_especie.xlsx")
```

11) Número de Registros por Cada Especie por Radio

```
# Contar registros por especie y por radio
```

```
registros_por_especie_radio <- combined_data %>%
```

```
group_by(species, radio) %>%
```

```
summarise(registros = n())
```

```
# Guardar en Excel
```

```
write_xlsx(registros_por_especie_radio, path =  
"C:/Users/Nina/Downloads/Integradora_datos/DatosR/registros_por_especie_radio.xlsx")
```

12) Curva de Frecuencia de Aparición

```
# Crear curva de frecuencia de aparición
```

```
frecuencia_aparicion <- combined_data %>%
```

```
group_by(species) %>%
```

```
summarise(frecuencia = n()) %>%
```

```
arrange(frecuencia)
```

```
# Graficar curva de frecuencia de aparición
```

```
ggplot(frecuencia_aparicion, aes(x = reorder(species, frecuencia), y = frecuencia)) +
```

```
geom_bar(stat = "identity") +
```

```
coord_flip() +
```

```
labs(title = "Curva de Frecuencia de Aparición", x = "Especie", y = "Frecuencia de  
Aparición")
```

```
# Guardar como PNG
```

```
ggsave("C:/Users/Nina/Downloads/Integradora_datos/DatosR/curva_frecuencia_aparici  
on.png")
```

Apéndice B

Protocolo de recopilación y organización de datos de aves en bosques

- Objetivo: Consolidar datos espacio-temporales de aves para la identificación de riqueza, tendencias, vacíos de muestreo y apoyar decisiones de conservación y monitoreo.
- Fuentes de datos: bases o repositorios abiertos (GBIF/eBird/iNaturalist) y, cuando exista, muestreo local estandarizado.
- Escalas sugeridas: radios concéntricos de 1, 5 y 10 km alrededor del bosque; ventana temporal 1999–presente (ajustable).

1) Preparación (definiciones, insumos y roles)

La fase de preparación asegura que la recopilación de datos inicie con bases claras y organizadas. Se definen el área de estudio, radios de análisis, variables mínimas requeridas, roles de trabajo y herramientas necesarias, garantizando reproducibilidad y trazabilidad.

- Centro del bosque (WGS84): *lat*, *lon* del polígono o centroide.
- Radios: 1, 5 y 10 km (puedes añadir otros).
- Variables mínimas: *occurrenceID*, *scientificName*, *eventDate/year*, *decimalLatitude*, *decimalLongitude*, *coordinateUncertaintyInMeters*, *individualCount*, *basisOfRecord*, *datasetKey*, *recordedBy/observer*, *license*.
- Roles: responsable de datos (QA/QC), responsable GIS, responsable de campo (si aplica).
- Herramientas: paquetes de R (*rgbif*, *dplyr*, *tidyr*, *readr/readxl*, *geosphere*, *ggplot2*), QGIS/*GoogleEarth*, planillas Excel/CSV.

2) Delimitación espacial y temporal

La delimitación espacial y temporal establece los límites dentro de los cuales se recopilarán y analizarán los datos. Incluye la definición del polígono del bosque, los radios concéntricos de estudio y el periodo de tiempo a evaluar, lo que permite estandarizar comparaciones.

- Definir polígono del bosque y centro (EPSG 4326).
- Generar radios concéntricos de 1, 5 y 10 km.
- Definir periodo de análisis (p. ej., 1999–año actual).

3) Descarga de datos (gabinete)

La descarga de datos corresponde a la recolección inicial de registros desde fuentes digitales. Mediante el uso de *APIs* y exportaciones, se obtiene información de GBIF, eBird e iNaturalist, la cual luego se organiza en tablas maestras para su análisis.

3.1 GBIF (vía R – API)

La descarga desde GBIF se realiza programáticamente, resolviendo el taxón de interés y filtrando registros con parámetros de calidad y tiempo. Este paso asegura la obtención de datos homogéneos y listos para ser depurados.

- Resolver taxón de preferencia/estudio contra GBIF *backbone*.
- Consultar por *bounding box* amplio y luego filtrar por círculo (*Haversine*)

para cada radio.

Parámetros clave:

- *hasCoordinate = TRUE, hasGeospatialIssue = FALSE*

- *year* = "1999,2024" (ajustar)
- Paginación (*limit 300/start*).

Guardar una tabla por radio y una tabla maestra combinada.

3.2 eBird / iNaturalist (si se usan)

Las plataformas de ciencia ciudadana complementan los datos de GBIF. Sus registros se exportan y homologan para mantener consistencia, enriqueciendo la base de datos general con observaciones locales.

- Exportar por *hotspots*/área y por periodo.
- Homologar campos al esquema de GBIF.

4) Depuración y control de calidad (QA/QC)

La depuración busca garantizar la validez de los datos mediante filtros de coordenadas, duplicados, fechas, taxonomía y licencias. Este paso genera un master limpio acompañado de un reporte de calidad que documenta los registros excluidos y las decisiones tomadas.

Reglas mínimas (ajustables según el caso):

1. Coordenadas:
 - eliminar *lat/lon* = 0; puntos fuera del polígono ampliado;
 - *coordinateUncertaintyInMeters* > 1000 m → revisar o excluir.
2. Duplicados: quitar por *occurrenceID* o por combinación (*scientificName* + *date* + *lat* + *lon*).
3. Tiempo: fechas vacías o fuera del rango → excluir o imputar año si hay mes/día faltante (documentar).

4. Taxonomía:

- Normalizar con *backbone* GBIF;
- Resolver sinónimos; excluir registros sin *scientificName*.

5. Calidad general:

- *basisOfRecord* dudoso, *individualCount* < 0 o NA → revisar;
- Licencias no compatibles (de ser necesario reuso público) → etiquetar.

El resultado de esta etapa será un documento general limpio y un reporte QA con conteos de registros excluidos por regla.

5) Asignación a radios y agregación

Una vez validados, los registros se asignan a los radios de estudio mediante distancias geográficas. Posteriormente se generan agregados clave (observadores, especies, registros), organizados por radio y por año, que facilitan los análisis comparativos.

- Calcular distancia *Haversine* desde el centro → asignar radio (1/5/10 km).
- Derivar campos: año, mes, ID_Observador/*recordedBy*_normalizado.

Agregados clave:

- Por radio: observadores únicos, especies únicas, registros totales;
- Por año (y por radio): especies únicas, observadores, registros;
- Top 10 especies (total y por radio).

6) Indicadores y productos de análisis

Los indicadores transforman los datos depurados en métricas interpretables: riqueza por radio, series anuales, curvas de acumulación y detección de vacíos espaciales o temporales. Estos productos permiten identificar patrones ecológicos y orientar estrategias de conservación.

- Riqueza por radio (1, 5, 10 km).
- Series anuales: observadores, especies, registros.
- Curva de acumulación (rarefacción/extrapolación; p. ej., *iNEXT/vegan*).
- Vacíos de muestreo:
 - Espaciales: mapas de densidad de puntos; señalar norte del bosque y transición con Socio Vivienda si presentan baja densidad.
 - Temporales: años con escasos registros y posible sub-digitalización histórica.
- Listas prioritarias: especies sensibles/raras vs. generalistas dominantes.

7) Visualización estándar

La visualización convierte los resultados en tablas y gráficas claras, que muestran comparaciones por radio, tendencias anuales y mapas de vacíos de muestreo. Su estandarización asegura consistencia y facilita la comunicación de los hallazgos.

Figuras mínimas:

- Registros por radio (1/5/10 km).
- Resumen anual (panel: especies & observadores).
- Registros totales anuales.
- Riqueza y observadores por radio.
- Curva de acumulación.

- Mapa de vacíos (puntos + polígono + radios).

Tablas mínimas:

- Resumen por radio (obs/ spp/ registros).
- Top 10 especies (total y, opcional, por radio).
- Diccionario de datos (anexo).

8) Almacenamiento, versionado y reproducibilidad

El almacenamiento y versionado garantizan que los datos y análisis sean reproducibles en el tiempo. Una estructura de carpetas organizada, nomenclatura clara y bitácoras de cambios permiten mantener trazabilidad y control de versiones.

Estructura de carpetas:

/datos_brutos/gbif|ebird

/intermedios/qa_logs

/maestros/bvpp_master_YYYYMMDD.xlsx

/salidas/tablas

/salidas/figuras

/scripts/R

Nomenclatura: bvpp_gbif_Passeriformes_<radio>km_<YYYY1>_<YYYY2>.csv.

- Control de versiones (Git o historial de fechas).
- Registrar bitácora: fecha de descarga, parámetros, filtros aplicados, versiones de paquetes.

9) Muestreo de campo (opcional pero recomendado)

El muestreo de campo complementa los registros digitales, especialmente en zonas con vacíos de información. Su diseño estandarizado (transectos o puntos fijos, horarios, metadatos obligatorios) permite integrar observaciones locales al flujo de datos.

Para reducir sesgos y cubrir vacíos:

- Diseño: transectos/puntos fijos (≥ 10 min/punto), al amanecer; repetir en estación seca/lluviosa.
- Metadatos obligatorios: punto, fecha/hora, observador, clima, hábitat, método, distancia aproximada, evidencia (foto/audio).
- Herramientas: GPS/Apps (eBird *Mobile*), binoculares, grabadora.
- Ética/Permisos: minimizar perturbación; permisos del área si aplica.
- Integración: subir a eBird/GBIF y reincorporar al protocolo (pasos 4–8).

10) Licencias y uso responsable

El uso responsable de los datos asegura el respeto a los derechos de autores y observadores. Esto incluye citar correctamente, respetar licencias y proteger la ubicación de especies sensibles para evitar riesgos de cacería o perturbación.

- Respetar licencias (p. ej., CC-BY/CC-BY-NC). Citar fuente/*datasetKey*.
- No divulgar ubicaciones sensibles de especies amenazadas sin evaluar riesgo.

11) Entregables estandarizados

Los entregables son los productos finales del protocolo: tablas resumidas, gráficas estándar, un informe de resultados y anexos con reportes de calidad. Estos insumos permiten aplicar el protocolo en conservación, educación y gestión ambiental.

- Excel: resumen_por_radio.xlsx, resumen_anual.xlsx, top10_especies.xlsx, master_limpio.xlsx.
- Figuras: PNG/SVG de las 6 gráficas estándar.
- Informe: sección de Resultados + mapa de vacíos + Conclusiones/Recos.
- Anexos: *QA report* + diccionario de datos.

12) Calendario de actualización

El calendario establece la periodicidad con la que debe ejecutarse el protocolo (trimestral, semestral o anual). Esto asegura un monitoreo continuo y permite comparar variaciones en los registros y especies a lo largo del tiempo.

- Re-ejecución trimestral/semestral** del *script* (o tras campañas de campo).
- Comparar indicadores vs. corrida anterior (delta de especies/obs/registros).

Paso a paso (*checklist* operativo)

A. Gabinete

- 1) Definir centro, radios y años.
- 2) Descargar GBIF (por radio; API R).
- 3) Integrar eBird/iNaturalist (si aplica).
- 4) Ejecutar depuración (coordenadas, duplicados, fechas, taxonomía, licencias).

- 5) Asignar radio (Haversine) y derivar año/observador.
- 6) Generar agregados (por radio, por año, top especies).
- 7) Producir gráficas y mapa de vacíos.
- 8) Exportar tablas y figuras + *QA log*.
- 9) Actualizar bitácora y versionado.

B. Campo (si aplica)

- 1) Planificar puntos/transectos en zonas vacías (norte, transición Socio Vivienda).
- 2) Muestrear al amanecer, ≥ 10 min/punto; registrar metadatos y evidencia.
- 3) Subir a eBird/GBIF; reinyectar al flujo (volver al paso A4).

Criterios de exclusión sugeridos (QA)

- *hasGeospatialIssue* = *TRUE* → excluir.
- *coordinateUncertaintyInMeters* > 1000 → revisar/excluir.
- *scientificName* vacío o no resuelto → excluir.
- *eventDate* fuera del rango → excluir.
- Duplicados por *occurrenceID* o combinación clave → excluir.
- Señalados como cautivos/domésticos (cuando aplique) → excluir o etiquetar.