

ACCIONES PARA EL CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE COMPENSACIÓN PARA EL
PREDIO CHALECHE EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ, MUNICIPIO DE
SESQUILÉ: PASANTÍA EN HSE SERVICES DE COLOMBIA SAS



STEFANNY CUESTA RODRÍGUEZ
JOSÉ LEONARDO TRIANA GALEANO



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO
2025

ACCIONES PARA EL CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE COMPENSACIÓN PARA EL
PREDIO CHALECHE EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO BOGOTÁ, MUNICIPIO DE
SESQUILÉ: PASANTÍA EN HSE SERVICES DE COLOMBIA SAS

STEFANNY CUESTA RODRÍGUEZ
JOSÉ LEONARDO TRIANA GALEANO

Informe de pasantía como requisito para optar el título de Ingenieros Ambientales

Director

Ing. MSc. DIEGO ANDREY CORTES NARANJO
Magister en Gestión Sostenible y Tecnologías del Agua

Codirector

Ing. MSc. ANGÉLICA MARÍA BUSTAMANTE ZAPATA
Esp. Gerencia de proyectos
Magister en Desarrollo Sustentable y Gestión Ambiental

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERÍA AMBIENTAL
VILLAVICENCIO

2025

Autoridades Académicas

P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O.P.

Rector General

P. Mauricio Antonio CORTÉS GALLEGO, O.P.

Vicerrector Académico General

P. Luis Antonio ALFONSO VARGAS, O.P.

Rector Seccional Villavicencio

P. Adrián Mauricio GARCÍA PEÑARANDA, O.P.

Vicerrector Académico Seccional Villavicencio

Mg. Julieth Andrea SIERRA TOBÓN

Secretaria General Seccional Villavicencio

PhD. Raquel Beatriz ROMERO PUENTES

Decano de la Facultad de Ingeniería Ambiental

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios, por el conocimiento y experiencia concedida, ya que esto nos permitió enfrentar y superar las adversidades que se presentaron a lo largo del camino en el desarrollo del proyecto con el fin de alcanzar nuestras metas propuestas; por darnos la fuerza de voluntad para lograr nuestros objetivos.

A nuestros padres y hermanos por su apoyo incondicional que han sido el motor que nos ha guiado en el cumplimiento de nuestros sueños. Infinitas gracias a todos los que estuvieron siempre apoyándonos en todo el proceso de formación tanto académica como personal, y en los momentos de afrontar los retos que se presentaron en nuestra formación universitaria.

Al director de trabajo de grado, Diego Andrey Cortés por brindarnos su confianza en este proyecto; a la codirectora, Angélica María Bustamante Zapata, por su valiosa orientación, compromiso y acompañamiento durante el desarrollo de esta pasantía; y a la Universidad Santo Tomás de Aquino seccional Villavicencio, por darnos la oportunidad de formarnos profesionalmente.

Finalmente, ofrecemos nuestro agradecimiento a todas las personas que de alguna manera fueron partícipes de este proceso, en especial al profesor Daniel Humberto Galindo Guerra por brindarnos su conocimiento. A los educadores, valoramos su enseñanza y experiencia, indispensables en nuestra formación como futuros Ingenieros Ambientales.

Tabla de contenido

Resumen.....	10
Abstract	11
Objetivos.....	12
Objetivo general	12
Objetivos específicos.....	12
1. Reseña de la Empresa	13
1.1 Misión	13
1.2 Visión	13
2. Marco de Referencia	14
2.1 Marco Teórico	14
2.1.1 Servicios ecosistémicos y Ecosistemas de páramo	14
2.1.2 Teoría de la resiliencia ecológica	15
2.1.3 Componentes metodológicos en la restauración del páramo	15
2.1.4 Gobernanza ambiental colaborativa y técnicas de monitoreo	15
2.2 Marco Conceptual	16
2.3 Marco normativo.....	16
3. Desarrollo de la pasantía.....	18
3.1 Flujograma de la metodología de la pasantía.....	18
3.2 Descripción metodológica.....	19
3.2.1 Fase 1. Caracterización del ecosistema de la zona de estudio	19
3.2.2 Fase 2 Análisis de cambios en la biodiversidad en la zona de estudio.....	22
3.2.3 Fase 3. Intervención restaurativa.....	24
4. Resultados.....	25
4.1 Fase 1. Caracterización del ecosistema de la zona de estudio	25
4.1.1 Actividad 1.1. Reconocimiento de terreno y preparación logística	25
5. Ecosistemas Identificados.....	27
5.1 Actividad 1.2. Muestreo de biodiversidad con protocolos validados por el Instituto Humboldt y UICN.....	30
5.1.1 Monitoreo de avifauna mediante cámaras trampa y transectos.....	30

5.1.2	Monitoreo de mastofauna mediante cámaras trampa y transectos	33
5.2	Actividad 1.3. Caracterización y monitoreo de vegetación	37
5.2.1	Marcación de individuos y monitoreo de la regeneración vegetal	38
5.2.2	Registro de datos estructurales y regeneración en parcelas permanentes	39
5.3	Fase 2. Análisis de cambios en la biodiversidad en la zona de estudio	41
5.3.1	Actividad 2.1. Elaboración de inventarios a partir del registro de especies con las cámaras trampa y muestreos de vegetación.....	41
5.3.2	Actividad 2.2. Comparación de información primaria con los inventarios de la CAR.....	48
5.3.3	Actividad 2.3. Análisis de índices ecológicos de diversidad en las especies monitoreadas de flora	52
5.4	Fase 3. Intervención restaurativa	56
5.4.1	Actividad 3.1. Determinación de especies a sembrar.....	56
5.4.2	Actividad 3.2. Preparación del suelo con melaza, abono orgánico y Coadyuvante.....	56
5.4.3	Actividad 3.3. Siembra de especies nativas para la restauración del área priorizada.....	57
	Conclusiones.....	59
	Aporte como estudiante	60
	Referencias.....	61
	Anexos	70

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Normatividad.....	16
Tabla 2. Índices ecológicos	23
Tabla 3 Especies de aves confirmadas	31
Tabla 4 Especies de mamíferos confirmados.	34
Tabla 5 Caracterización de fauna	41
Tabla 6. Comparación de reportes con la CAR.....	51

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Flujograma de metodología.....	18
Figura 2 Ubicación del predio Chaleche.....	19
Figura 3 Ubicación de las cámaras trampa	21
Figura 4. Uso de suelos en el Predio Chaleche.....	26
Figura 5 Identificación de frailejones	28
Figura 6 Identificación de frailejones	28
Figura 7 Quebrada Las Moyas.....	28
Figura 8 Quebrada Arracachal	28
Figura 9 Vista de lagunetas.....	29
Figura 10 Vista de lagunetas.....	29
Figura 11 Ubicación de aves captadas	32
Figura 12 Ubicación de mamíferos captados.....	35
Figura 13. Área de concentración de fauna	36
Figura 14 Ubicación de la parcela en el predio	37
Figura 15 Visualización de la parcela permanente de caracterización y monitoreo.....	38
Figura 16 Realización de marcaje a la vegetación dentro de la parcela permanente.....	39
Figura 17 Proceso de toma datos dasométricos en la parcela permanente de caracterización y monitoreo.....	40
Figura 18 Registro de Fauna: <i>Anisognathus igniventris</i> (Pechirrojo).....	41
Figura 19. Registro de Fauna: <i>Turdus fuscater</i> (Mirla)	42
Figura 20. Registro de fauna: <i>Diglossa albilatera</i>	42
Figura 21. Registro de Fauna: <i>Penelope montagnii</i>	43
Figura 22. Registro de Fauna: <i>Asthenes fuliginosa</i>	43
Figura 23. Registro de Fauna: Colibrí <i>coruscans</i>	44
Figura 24. Registro de Fauna: <i>Tremarctos ornatus</i> en el punto Arracachal	44
Figura 25. Registro de fauna: <i>Cuniculus taczanowskii</i>	45
Figura 26 Registro de fauna: <i>Odocoileus virginianus</i>	45

Figura 27. Registro de Fauna: <i>Didelphis marsupialis</i>	46
Figura 28. Registro de fauna: <i>Thomasomys paramorum</i>	46
Figura 29. Registro de fauna: <i>Puma concolor</i>	47
Figura 30 Abundancia de avifauna por orden taxonómico	48
Figura 31. Número de especies de mamíferos por orden taxonómico.....	49
Figura 32 Número de especies de Amphibia por orden taxonómico	50
Figura 33 Número de especies de Reptilia (Orden Squamata) por suborden	50
Figura 34. Número de individuos por especie de brizales y latizales.....	53
Figura 35. Familias botánicas para brizales y latizales.....	54
Figura 36 Individuos por especie y su caracterización ecológica sotobosque.....	54
Figura 37 Familias botánicas del sotobosque	55
Figura 38. Variedad de frailejones encontrados.....	56
Figura 39 Proceso de preparación del suelo	57
Figura 40. Dron DJI Mini 3 Pro.....	71
Figura 41. Garmin eTrex Serie navegador GPS	71
Figura 42. GardePro A3	71
Figura 43. AlphaCam Dual Lens No Glow	71
Figura 44. Spypoint Force Pro.....	71

Resumen

Se presenta en este documento la experiencia de la pasantía que se llevó a cabo en la empresa HSE Services de Colombia SAS, con el propósito de contribuir en la implementación de las acciones para el cumplimiento del Plan de Compensación Ambiental identificado con número de contrato 3664387750 correspondiente a la recuperación del predio Chaleche Parte Alta, ubicado en la cuenca alta del río Bogotá, municipio de Sesquilé. Las acciones mencionadas consistieron en la caracterización de fauna y flora y la elaboración de inventarios, se instalaron 13 cámaras trampa donde se registraron 12 especies de fauna de las cuales correspondieron a 6 especies de avifauna y 6 de mastofauna con funciones ecológicas fundamentales como dispersores de semillas, control de insectos y equilibrio trófico, y la instalación de una parcela permanente de monitoreo con la cual se registraron 18 especies de vegetación.

Así mismo, se realizó la estimación de índices ecológicos de diversidad, obteniéndose que a nivel de sotobosque se registró una diversidad alta (Simpson = 0.8878) y baja dominancia (Berger–Parker = 0.2092); en el estrato de brízales y latizales, una diversidad alta (Simpson = 0.8447) y menor dominancia (Berger–Parker = 0.3045). Posteriormente, se desarrollaron actividades de restauración en 114 ha de páramo que se encontraban en grave estado de degradación ocasionado por la ganadería intensiva, actividad que provocó compactación del suelo, decrecimiento de la disponibilidad hídrica y pérdida de biodiversidad.

El proyecto se enmarca en la Estrategia Nacional de Restauración Ecológica, la cual establece como objetivo restaurar un millón de hectáreas al año 2030. Se contó con la colaboración de 2 vigías locales en el predio Chaleche favoreciendo la aplicación de saberes tradicionales y de ciencia aplicada, cumpliendo así con el aspecto técnico, normativo y social del plan de compensación. La experiencia de este proceso permitió fortalecer la sostenibilidad en este predio como un objetivo estratégico de largo plazo.

Palabras Clave: restauración ecológica, sotobosque, Avifauna, mastofauna, páramo, monitoreo ecológico; compensación ambiental.

Abstract

This document presents the experience of the internship carried out at the company HSE Services de Colombia SAS, with the aim of contributing to the implementation of actions to comply with the Environmental Compensation Plan identified with contract number 3664387750, corresponding to the recovery of the Chaleche Parte Alta property, located in the upper basin of the Bogotá River, in the municipality of Sesquilé. The aforementioned actions consisted of the characterization of fauna and flora and the preparation of inventories. Thirteen camera traps were installed, recording 12 species of fauna, of which six were bird species and six were mammal species with fundamental ecological functions such as seed dispersal, insect control, and trophic balance. and the installation of a permanent monitoring plot, which recorded 18 species of vegetation.

Likewise, ecological diversity indices were estimated, revealing high diversity (Simpson = 0.8878) and low dominance (Berger-Parker = 0.2092) in the understory; and high diversity (Simpson = 0.8447) and lower dominance (Berger-Parker = 0.3045) in the shrubland and sapling strata. Subsequently, restoration activities were carried out on 114 hectares of páramo that were severely degraded due to intensive livestock farming, an activity that caused soil compaction, decreased water availability, and loss of biodiversity.

The project is part of the National Ecological Restoration Strategy (MADS, 2018), which sets a target of restoring one million hectares by 2030. Two local watchmen from the Chaleche estate collaborated on the project, promoting the application of traditional knowledge and applied science, thus complying with the technical, regulatory, and social aspects of the compensation plan. The experience of this process made it possible to strengthen sustainability on this property as a long-term strategic objective.

Key words: ecological restoration, understory, Birdlife, Mammals, Moors, ecological monitoring; environmental compensation.

Objetivos

Objetivo general

Realizar acciones para dar cumplimiento al Plan de Compensación Ambiental para el predio Chaleche, en la cuenca alta del río Bogotá, municipio de Sesquilé, identificado con número de contrato 3664387750 durante una pasantía en HSE Services de Colombia SAS, mediante la elaboración de inventarios de flora y fauna, análisis de biodiversidad y la implementación de acciones de restauración en las áreas degradadas.

Objetivos específicos

- Caracterizar la composición del ecosistema de páramo presente en la zona de estudio mediante monitoreos de flora y fauna en las áreas degradadas del predio Chaleche, mediante protocolos validados por el Instituto Humboldt y UICN.
- Analizar el cambio en la biodiversidad del predio Chaleche, mediante la elaboración de inventarios, la comparación de datos sobre flora y fauna obtenidos por la CAR Cundinamarca para la zona de estudio y la estimación de los índices de diversidad.
- Implementar acciones para la restauración de las áreas degradadas en el predio Chaleche mediante la determinación de especies nativas, la preparación del terreno y la siembra.

1. Reseña de la Empresa

En HSE Colombia, son líderes en consultoría ambiental, brindando soluciones integrales para la gestión de recursos naturales, la reforestación y la compensación ambiental en Colombia. Con más de 100 proyectos ambientales ejecutados en 16 departamentos, trabajan de la mano con comunidades y empresas para promover un desarrollo sostenible y un equilibrio entre el crecimiento económico y la conservación del medio ambiente.

Sus servicios de consultoría ambiental están diseñados para garantizar el cumplimiento normativo, la protección de la biodiversidad y la implementación de estrategias ecoeficientes. A través de alianzas estratégicas, la empresa contribuye activamente al bienestar de las comunidades y al avance de un país más sostenible y resiliente (HSE Services de Colombia SAS, 2023).

1.1 Misión

La misión es liderar en consultoría ambiental, ofreciendo soluciones sostenibles como la reforestación, el manejo de residuos y la compensación ambiental. Trabajan para proteger los recursos naturales, promover el bienestar de las comunidades y garantizar un desarrollo equilibrado entre el medio ambiente y el progreso económico.

1.2 Visión

Ser reconocida como la empresa líder en consultoría ambiental y reforestación en Colombia, destacándose por implementar proyectos innovadores de compensación ambiental que preserven la biodiversidad, fomenten la sostenibilidad y generen impacto positivo en el país.

En el marco de la gestión de este proyecto, la empresa utiliza y se soporta en documentos institucionales fundamentales, entre los que se encuentran la línea el informe de la CAR “Elaboración del Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá – Subcuenca Río Bogotá Sector Sisga” (CAR, 2007), así como el documento de línea base ambiental “POSTOBON S.A. – Zona Franca Sanilia S.A.S. y HSE Services de Colombia S.A.S. Informe de Línea Base Ambiental en el Complejo de Áreas Protegidas y Páramo de los Municipios de Chocontá, Sesquilé, Guatavita y Machetá – Cundinamarca. Proyecto de Conservación de Páramo – Predio”, elaborado por la empresa HSE Services de Colombia.

2. Marco de Referencia

2.1 Marco Teórico

Este trabajo consiste en una revisión de fuentes bibliográficas centradas en los ecosistemas de páramo desde una perspectiva ecológica, social y normativa. Estos ecosistemas son estratégicos por su papel en la regulación del ciclo hidrológico y del clima, esenciales para la sostenibilidad regional (Morales et al., 2015; González et al., 2017). El Instituto Humboldt (2019) destaca que los páramos son espacios donde interactúan biodiversidad y comunidades humanas, lo que refuerza su valor ecológico y social.

La restauración de estos ecosistemas se enmarca en los conceptos de resiliencia ecológica (Holling, 1973; Gunderson, 2000) y gestión adaptativa (Walters, 1986), enfoques que promueven estrategias flexibles frente a las variaciones ambientales (Barrera, 2010). Además, la participación comunitaria integra conocimientos tradicionales y ciencia aplicada, garantizando sostenibilidad social (González & Hernández, 2019). Estas perspectivas se articulan con la Estrategia Nacional de Restauración Ecológica (MADS, 2018), que fomenta la corresponsabilidad en la recuperación de áreas degradadas. El seguimiento de los procesos restaurativos, según Cabrera y Ramírez (2014) y Márquez y Díaz (2017), debe incluir indicadores de cobertura vegetal, diversidad y regeneración natural, permitiendo medir avances y ajustar la gestión.

2.1.1 *Servicios ecosistémicos y Ecosistemas de páramo*

Los páramos colombianos, pese a representar solo el 1,7% del territorio, proveen hasta el 85% del agua potable del país (IDEAM, 2018). Su vegetación, especialmente los frailejones (*Espeletia* spp.), facilita la regulación hídrica y la recarga de acuíferos (González et al., 2017). Además, almacenan carbono orgánico y contribuyen a mitigar el cambio climático (Morales et al., 2015). No obstante, estos servicios se ven amenazados por la ganadería, la deforestación y los incendios, que degradan el suelo y alteran la biodiversidad (Ortiz & Rodríguez, 2015; Etter et al., 2017). De ahí la necesidad de estrategias restaurativas que restablezcan la funcionalidad ecológica y social del ecosistema (Barrera, 2010; González & Hernández, 2019).

2.1.2 Teoría de la resiliencia ecológica

La resiliencia ecológica, entendida como la capacidad del ecosistema para absorber perturbaciones sin perder su funcionalidad (Holling, 1973; Gunderson, 2000), orienta la restauración hacia la recuperación de funciones clave y la adaptación al cambio climático. Aronson et al. (2007) distinguen estrategias de restauración activa, mediante reforestación, y pasiva, basada en la regeneración natural. En los páramos, la selección de la estrategia depende del grado de degradación y las condiciones biofísicas (Márquez & Díaz, 2017; Cifuentes & López, 2021). Barrera (2010) resalta la importancia del control de especies invasoras y la zonificación según los niveles de perturbación.

2.1.3 Componentes metodológicos en la restauración del páramo

La restauración requiere la selección de especies nativas adaptadas a las condiciones edafoclimáticas, favoreciendo la sucesión ecológica y la estabilidad del suelo (Instituto Humboldt, 2019; Cifuentes & López, 2021). Cabrera y Ramírez (2014) destacan técnicas como revegetación, control de invasoras y obras de bioingeniería. En el ámbito social, la inclusión comunitaria a través de vigías forestales y educación ambiental fortalece el arraigo territorial y la sostenibilidad del proceso (González & Hernández, 2019; Morales et al., 2015). La efectividad se evalúa mediante indicadores de diversidad, cobertura y parámetros hidrológicos, como sugieren Holling (1973) y Márquez & Díaz (2017).

2.1.4 Gobernanza ambiental colaborativa y técnicas de monitoreo

La gobernanza ambiental articula actores sociales, institucionales y técnicos bajo objetivos comunes de conservación (González & Hernández, 2019). La participación comunitaria y la cooperación interinstitucional son pilares para la sostenibilidad y adaptación territorial (Morales et al., 2015). En el monitoreo, los transectos permiten evaluar vegetación y regeneración (Barrera, 2010; Márquez & Díaz, 2017), mientras que las cámaras trampa facilitan el registro de fauna indicadora y la evaluación funcional del ecosistema (Etter et al., 2017; Sun et al., 2013; Cifuentes & López, 2021).

2.2 Marco Conceptual

Según la Society for Ecological Restoration (SER, 2004) y Márquez y Díaz (2017), la restauración ecológica consiste en recuperar la funcionalidad, estructura y composición original de los ecosistemas degradados mediante técnicas activas, como la reforestación y el control de especies invasoras, o pasivas, basadas en la regeneración natural y la conservación del entorno. Su finalidad es restablecer los servicios ecosistémicos, entendidos como los beneficios que las personas obtienen de la naturaleza, clasificados en funciones de provisión, regulación, soporte y culturales (Daily, 1997). Estos servicios pueden evaluarse mediante parámetros como la infiltración de agua, la biomasa y la diversidad de especies (Barrera, 2010).

La participación comunitaria es un componente esencial en los procesos de restauración, al integrar los conocimientos tradicionales con la ciencia aplicada y fortalecer la apropiación del territorio (González & Hernández, 2019). En este contexto, la compensación ambiental se establece como un mecanismo de gestión orientado a equilibrar los impactos negativos de las actividades humanas cuando no pueden ser completamente prevenidos o mitigados (MADS, 2012). La cobertura vegetal, definida como la proporción del suelo cubierta por vegetación viva o muerta, actúa como indicador de la salud del ecosistema (FAO, 2010). Su recuperación se logra mediante procesos de reforestación con especies nativas, que contribuyen a restablecer las funciones ecológicas, la regulación climática y la biodiversidad, contrarrestando los efectos de la deforestación, entendida como la pérdida de bosques por causas naturales o antrópicas (Shimamoto et al., 2018).

2.3 Marco normativo

Tabla 1 *Normatividad*

Norma / Directriz	Aplicabilidad al proyecto	Aplicación en la pasantía	Política normalizada que respalda el estudio
Constitución Política de Colombia (1991) Artículos 8, 79 y 80	Establece el deber del Estado y los ciudadanos de proteger la diversidad e integridad ambiental.	Fundamenta el deber de conservación y restauración de los ecosistemas.	Norma suprema que orienta toda la legislación ambiental.

Norma / Directriz	Aplicabilidad al proyecto	Aplicación en la pasantía	Política normalizada que respalda el estudio
Ley 165 de 1994 (Convenio sobre Diversidad Biológica) Artículo 8 y 10	Colombia asume compromisos internacionales de conservación.	Refuerza el enfoque ecosistémico del proyecto.	Alineación con tratados internacionales.
ODS 15 (ONU) Meta 15.1 y 15.5	Promueve la restauración y protección de ecosistemas terrestres.	Vincula el proyecto con metas internacionales.	Marco global de sostenibilidad.
Ley 99 de 1993 Artículos 1,31 y 69	Establece el SINA, promueve el desarrollo sostenible y la participación ciudadana. Crea las CAR.	Fundamenta legalmente el plan de compensación. Coordina con la CAR Cundinamarca.	Norma base para intervenciones ambientales.
Ley 1333 de 2009 Artículos 2 y 4	Define el régimen sancionatorio ambiental.	Prevención de afectaciones al área intervenida.	Mecanismo legal ante infracciones ambientales.
Decreto 1076 de 2015 Artículos 2.2.2.1.3.8-2.2.3.1.6.5-2.2.2.3.1.3	Compila la normativa ambiental sectorial en Colombia.	Consulta obligatoria para permisos y seguimiento.	Compendio legal vigente.
Decreto 2041 de 2014 Capítulo 2 (Artículo 21) y Título 1, Artículo 3	Regula el licenciamiento ambiental y exige compensación ambiental por impactos.	Justifica acciones de restauración como obligación de compensación.	Herramienta clave en el licenciamiento.
Sentencia T-361 de 2017 Sección 3.3.3- 9.1.1.1-9.1.1.2	Declara los páramos como ecosistemas protegidos.	Justifica exclusión de ganadería y restauración activa.	Protección constitucional de páramos.
Resolución 1376 de 2013 Artículo 9	Criterios técnicos para la compensación por pérdida de biodiversidad.	Orienta selección de especies y estrategias.	Norma técnica para compensación.
PNGIBSE (2012) Componente 3 (Página 38) y Anexo 2	Propone la gestión integral de biodiversidad y servicios ecosistémicos.	Marco técnico y conceptual de restauración con enfoque participativo.	Estrategia nacional de biodiversidad.
Estrategia Nacional de Restauración Ecológica (MADS, 2018) Objetivo 1, Eje 3 (pág. 27)	Meta de restaurar 1 millón de hectáreas al 2030, prioriza páramos.	Enmarca el proyecto en estrategias nacionales.	Hoja de ruta para restauración en Colombia.

Nota. La tabla Corresponde a las normas relacionadas con la pasantía organizada según la pirámide de Kelsen.

3. Desarrollo de la pasantía

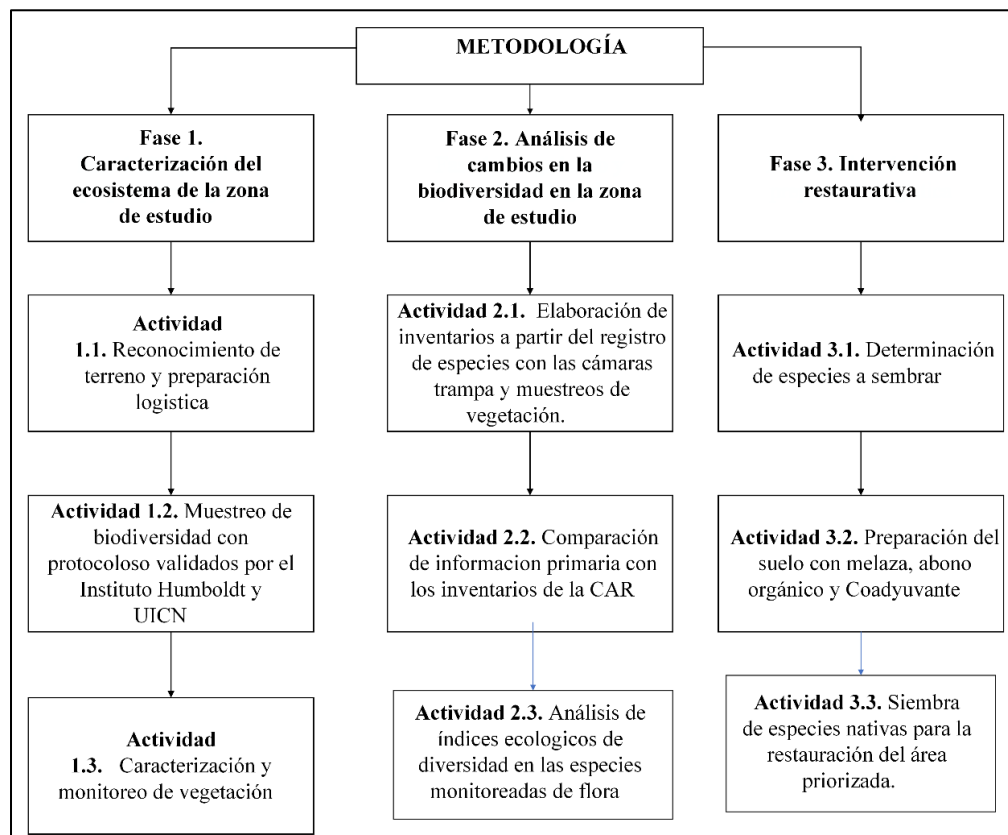
En el desarrollo de la pasantía en HSE Services de Colombia SAS se implementó una metodología mixta, la cual se desarrolló a partir de diferentes etapas continuas que aseguraron la coherencia técnica y el cumplimiento de los objetivos propuestos.

La caracterización del paisaje y la de los elementos componentes de la biodiversidad del predio incluyó la elaboración de una tabla de caracterización de fauna acorde a las guías del Instituto Humboldt (Vallejo & Gómez, 2017) y a los estándares internacionales de estudios de fauna silvestre (Ralph et al., 1995; Glover-Kapfer et al., 2019).

3.1 Flujograma de la metodología de la pasantía

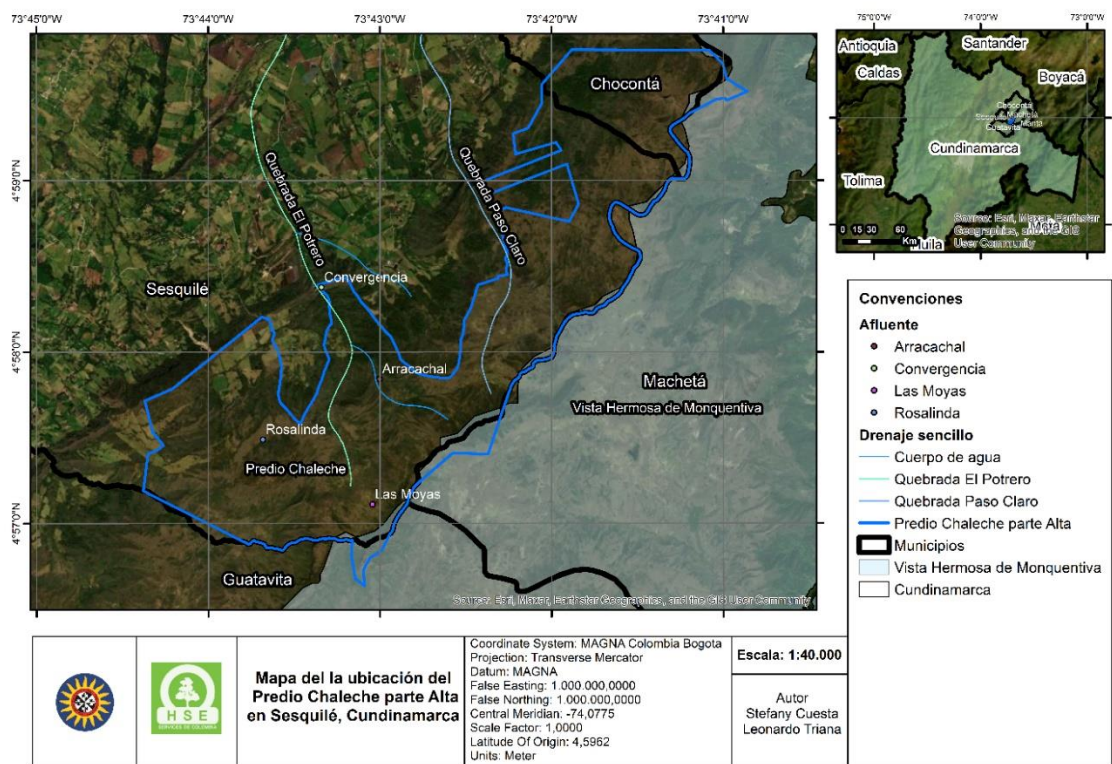
El flujograma presentado sintetiza de manera visual el proceso integral de restauración ecológica, estructurado con sus respectivas fases:

Figura 1. *Flujograma de metodología*



Durante la pasantía en HSE Services de Colombia SAS se desplegó un conjunto de actividades orientadas al cumplimiento de los objetivos del proyecto de restauración ecológica en el predio Chaleche Parte Alta, cuya área es de aproximadamente 1132 ha. Este predio es de alta prioridad y conservación, ya que se encuentra 100% dentro del área de reserva y en la zona de páramo. Forma parte de la Reserva Forestal Protectora Productora de la Cuenca Alta del Río Bogotá, es una importante zona de recarga hídrica para la cuenca y funciona como corredor de conectividad para especies clave como el Oso Andino.

Figura 2 Ubicación del predio Chaleche



Nota. El mapa es la representación visual del área de interés delimitada del predio Chaleche parte Alta en Sesquilé, Cundinamarca.

3.2 Descripción metodológica

3.2.1 Fase 1. Caracterización del ecosistema de la zona de estudio

El proceso comenzó con el reconocimiento del predio Chaleche Parte Alta y su organización logística, siguiendo a Cabrera y Ramírez (2014). Se realizaron mapas de uso de

suelos utilizando sistemas de información geográfica y herramientas como Google Earth Pro, además del uso de un dron DJI Mini 3 Pro y un GPS Garmin eTrex para realizar los registros georreferenciados de accesos, coberturas y de puntos estratégicos. Se llevaron a cabo reuniones con los representantes de la comunidad para recolectar información de la biodiversidad presente en la misma. Estas reuniones permitieron la integración de los saberes tradicionales y la planificación técnica, además de asegurar el enfoque participativo.

Resultado de esto fueron los mapas de ubicación y selección de equipos, que constituyeron los productos de base para iniciar la intervención de campo de forma segura y eficiente, así como el mapa de uso del suelo del predio con el que se priorizaron las áreas para la intervención restaurativa.

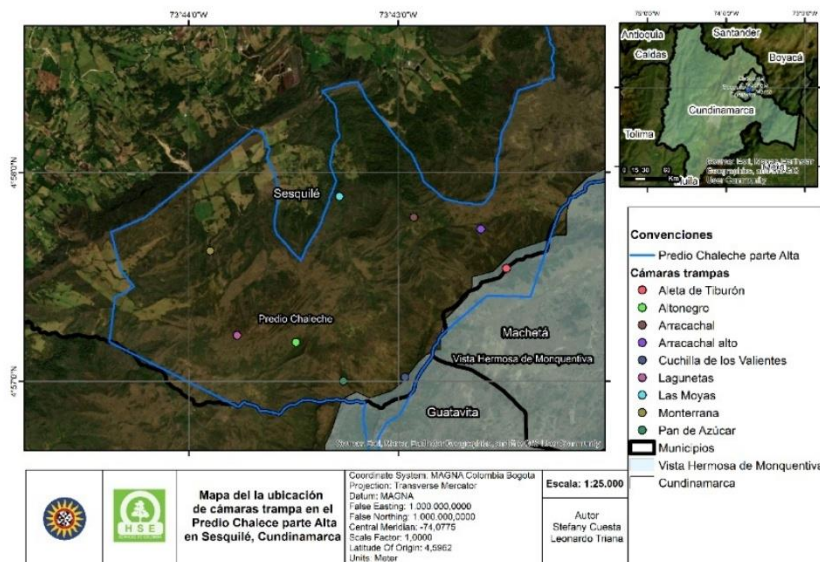
3.2.1.1. Actividad 1.1. Reconocimiento de terreno y preparación logística. En esta fase inicial, se planificó la logística de campo, donde se consideraron aspectos clave como tiempo de desplazamiento, condiciones climáticas, alimentación y alojamiento. De igual forma, se identificó la ruta de acceso al predio mediante el uso de Google Earth Pro.

Para la visita al predio se usaron los siguientes equipos, un dron DJI Mini 3 Pro para tomar fotografías aéreas y un GPS Garmin eTrex para georreferenciar los puntos de interés. Además, se planificó el tiempo necesario de estadía en el predio Chaleche. Las características de estos equipos se describen en el **Anexo 3** Así mismo para el reconocimiento del terreno se contó con el apoyo de 2 vigías forestales como representantes de los pobladores, con quienes se realizó un encuentro informal donde también participaron el director de proyectos y el ingeniero agroecológico, con el fin de recolectar información previa sobre la clase de biodiversidad en el sector, así como para identificar las zonas de acceso o relevancia ambiental. A partir de los aportes en esta reunión se generaron insumos para la realización del mapa de uso del suelo del predio Chaleche, donde se integraron conocimientos locales y técnicos.

3.2.1.2. Actividad 1.2. Muestreo de biodiversidad con protocolos validados por el Instituto Humboldt y UICN. La etapa de monitoreo y evaluación incluyó protocolos reconocidos internacionalmente, puesto que se usó el manual ilustrado para el monitoreo de la biodiversidad en Colombia elaborado por Vallejo y Gómez (2017) para el Instituto Humboldt (Boletín de la biodiversidad de Colombia, 2021) y las pautas técnicas que emergerían de la literatura sobre uso

de cámaras trampa aplicadas en estudios de vida silvestre (Glover-Kapfer et al., 2019) y (Wearn Glover-Kapfer, 2017). Dichas pautas establecen lineamientos para la recolección de datos, la reducción de sesgos observacionales y las recomendaciones de ubicación de las cámaras trampa en diferentes coberturas del ecosistema (bosque, frailejonal y pastizal), así como en caminos de herradura y zonas con tránsito de fauna. Para esta etapa se usaron 13 cámaras trampa con sensores de movimiento, instaladas a una distancia mínima de 400m y máxima de 800m entre sí. Es una herramienta ampliamente recomendada para captar imágenes de fauna críptica y/o de hábitos nocturnos o evasivos, estandarizando la recolección de datos (Coxran, W. G. 1977) y disminuyendo los sesgos que pudieran surgir de la observación directa (O'Brien y Kinnaird, 2008) y (Bessone., 2020). Las características de las cámaras trampas se describen en el **Anexo 3** Resulta importante destacar que ningún punto contó con una distancia inferior a los 400 m respecto al punto más cercano, así mismo, se observa una distancia máxima de 800 m respecto al punto más cercano. La distancia media entre los puntos más próximos es de 563 metros, lo cual evidencia una equidistancia significativa para lograr un mejor alcance. Las coordenadas geográficas de los puntos donde están instaladas las cámaras trampa se encuentran en el *Anexo 1*

Figura 3 Ubicación de las cámaras trampa



Nota. Mapa es la representación visual de la ubicación de las cámaras de estudio en el área delimitada.

Para poder determinar las especies que se encuentran en el predio Chalece parte alta del río Bogotá se realizaron tres recorridos para llevar a cabo una distribución uniforme con respecto

a la instalación de las cámaras trampa con el fin de que cubriera un área lo suficientemente amplia para la detección de fauna (*ver mapa de la Figura 4*).

3.2.1.3. Actividad 1.3. Caracterización y monitoreo de vegetación.

3.2.1.3.1. Instalación de parcela permanente de vegetación. Como parte del proceso de caracterización y monitoreo de la vegetación en el predio Chaleche Parte Alta, y en concordancia con los lineamientos metodológicos establecidos para la restauración ecológica en ecosistemas altoandinos (Cabrera y Ramírez, 2014) y (MADS, 2018), se implementó una parcela permanente de seguimiento en un sector representativo de cobertura vegetal conservada. La elección del sitio se realizó de manera aleatoria a partir del reconocimiento de las visitas de campo iniciales. Esta área seleccionada, al mantener rasgos estructurales propios del ecosistema de páramo, fue considerada como referencia para evaluar el estado actual de la vegetación y proyectar los objetivos de restauración futura, en línea con la propuesta de ecosistema de referencia (Barrera, 2010) y (Cifuentes y López, 2021).

3.2.2 Fase 2 Análisis de cambios en la biodiversidad en la zona de estudio

3.2.2.1. Actividad 2.1. Elaboración de inventarios a partir del registro de especies con las cámaras trampa y muestreos de vegetación. Para la elaboración de los inventarios se tuvieron en cuenta los registros de las cámaras trampa, información secundaria proveniente de los vigías forestales, así como el documento de “POSTOBON S.A. – ZONA FRANCA SANILIA S.A.S. Y HSE SERVICES DE COLOMBIA SAS INFORME DE LÍNEA BASE AMBIENTAL EN EL COMPLEJO DE ÁREAS PROTEGIDAS Y PÁRAMO DE LOS MUNICIPIOS DE CHOCONTÁ, SESQUILÉ, GUATAVITA Y MACHETÁ - CUNDINAMARCA. PROYECTO DE CONSERVACIÓN DE PÁRAMO – PREDIO” realizado por la empresa HSE Services de Colombia. La identificación de especies en la zona de estudio fue respaldada por el Ingeniero Agroecológico de la empresa

3.2.2.2. Actividad 2.2. Comparación de información primaria con los inventarios de la CAR. Para la comparación de las especies previamente identificadas se empleó el documento

de la CAR “Elaboración del Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá Subcuenca Río Bogotá Sector Sisga” del año 2007. A nivel de fauna se realizó para aves, mamíferos, anfibios y reptiles. La comparación también se realizó a nivel de la flora característica del ecosistema de páramo.

3.2.2.3. Actividad 2.3. Análisis de índices ecológicos de diversidad en las especies monitoreadas de flora. Se realizó un análisis ecológico mediante el cálculo de los índices de Simpson y Berger–Parker utilizando el programa estadístico de uso gratuito PAST (Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis), con el fin de describir la condición actual de las especies de flora en el área de estudio y orientar la toma de decisiones técnicas del proyecto (Cabrera y Ramírez, 2014; Barrera, 2010). Estos índices permitieron evaluar la diversidad y dominancia de las especies presentes, proporcionando una base científica para priorizar aquellas que serían empleadas en la fase de intervención restaurativa.

Tabla 2. *Índices ecológicos*

Índices ecológicos	Ecuación	Descripción
Dominancia de Simpson (D)	$D = \sum \left(\frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \right)$ <p><i>n_i</i> = número de individuos de la especie <i>N</i> = total de individuos</p>	Evalúa el grado de dominancia de las especies más abundantes. Valores cercano a 1 indica mayor dominancia (menor diversidad), cercano a 0 indica menor dominancia (mayor diversidad)
Dominancia de Berger–Parker (d)	$d = \frac{N_{max}}{N}$ <p><i>N_{max}</i> = número de individuos de la especie más abundante <i>N</i> = Número total de individuos</p>	Mide la proporción de dominancia de la especie más abundante dentro del total de individuos

Nota. Elaboración en base en Supriatna (2018).

3.2.3 Fase 3. Intervención restaurativa

3.2.3.1. Actividad 3.1. Determinación de especies a sembrar. Esta actividad se realizó teniendo en cuenta la información que fue analizada en los indicadores ecológicos, la información secundaria provista por los vigías forestales y los inventarios de flora elaborados a partir del muestreo de vegetación. Resultado de esto se determinaron las especies a utilizar en la intervención restaurativa en las zonas priorizadas.

3.2.3.2. Actividad 3.2. Preparación del suelo con melaza, abono orgánico y Coadyuvante. Se realizó el acondicionamiento de la tierra mediante la aplicación de abono orgánico, melaza y Coadyuvante de uso agrícola (*Pegal Protec*) con un cacorro aspersor manual, tratando de mejorar las condiciones fisicoquímicas del suelo y aumentar las tasas de supervivencia de las plántulas (Cabrera y Ramírez, 2014) y (MADS, 2018). Esta técnica es apropiada para los métodos de manejo en zonas de alta montaña con condiciones climáticas extremas que podrían limitar los procesos de sucesión ecológica (Cifuentes y López, 2021) y (Morales, Ocampo y Pabón, 2015).

3.2.3.3. Actividad 3.3. Siembra de especies nativas para la restauración del área priorizada. La preparación previa del suelo favoreció las condiciones fisicoquímicas para el establecimiento de plántulas. Luego, se realizó el sembrado de especies nativas de valor ecológico como el arrayán, aliso, roble, mano de oso, cedro, duraznillo, jazmín, corono, laurel de cera, sauce, espino y garbanzo, las cuales son determinantes para la recuperación funcional del ecosistema altoandino (González et al., 2017). Cada una de las actividades fue ejecutada bajo criterios técnicos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2018)

Esta labor se realizó en colaboración con el ingeniero agroecológico de la empresa HSE Services de Colombia. Estas especies son importantes debido a su valor ecológico, funcional y cultural en los ecosistemas de páramo (González et al., 2017; Márquez y Díaz, 2017).

4. Resultados

4.1 Fase 1. Caracterización del ecosistema de la zona de estudio

4.1.1 Actividad 1.1. Reconocimiento de terreno y preparación logística

El reconocimiento del terreno y los equipos empleados permitieron obtener el siguiente mapa de uso del suelo del predio Chaleche. Se identificaron 3 coberturas que correspondieron a: Áreas agrícolas (50.68 ha), Bosques (106.19 ha), Áreas con vegetación herbácea y arbustiva (209.41 ha). A partir de este mapa se estableció la necesidad de realizar la instalación de las cámaras trampa en las áreas degradadas que correspondían a las áreas de vegetación arbustiva y herbáceas.

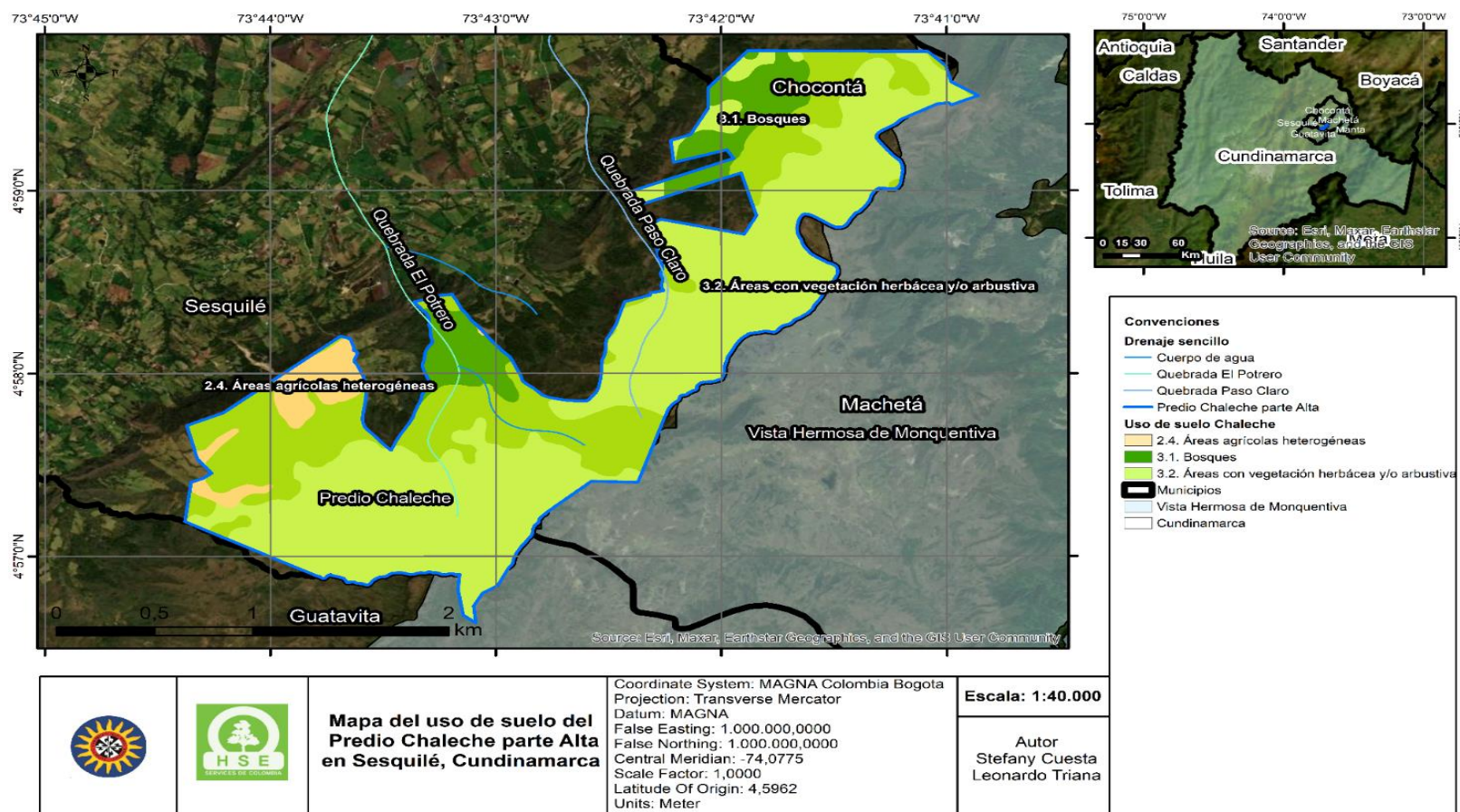
La elaboración del mapa de uso del suelo se realizó a partir del reconocimiento de terreno y del procesamiento de información geográfica obtenida mediante herramientas como Google Earth Pro, un dron DJI Mini 3 Pro y un GPS Garmin eTrex. El mapa se construyó a partir de la verificación directa en campo, apoyada por los registros fotográficos tomados con el dron durante los vuelos de reconocimiento *Anexo 2*. Estas imágenes aéreas fueron procesadas y georreferenciadas para identificar coberturas y delimitar áreas agrícolas, bosques y zonas con vegetación herbácea y arbustiva. El procesamiento se efectuó mediante una clasificación visual supervisada, que permitió contrastar las observaciones de campo con los datos obtenidos del sobrevuelo y asegurar la precisión en la interpretación de las coberturas.

El mapa de uso del suelo del predio Chaleche refleja una alta heterogeneidad ecológica, con predominio de áreas con vegetación herbácea y arbustiva que evidencian procesos de degradación y regeneración natural. Estas zonas son prioritarias para acciones de restauración. Los sectores boscosos, que representan una cobertura significativa, cumplen un papel esencial en la conservación de biodiversidad y la regulación hídrica del páramo.

El componente agrícola debe manejarse bajo criterios sostenibles para evitar la pérdida de suelo y afectar la calidad del agua, la cual, según el documento de la línea base ambiental, presenta condiciones favorables.

En conjunto, estos resultados confirman la importancia ecológica del predio dentro del corredor de conectividad y sustentan las acciones de monitoreo y restauración previstas en el plan de compensación ambiental.

Figura 4. Uso de suelos en el Predio Chaleche



Nota. El mapa es la representación visual del uso del suelo dentro del predio Chaleche parte Alta en Sesquilé, Cundinamarca

Además, fue posible identificar los siguientes ecosistemas:

5. Ecosistemas Identificados

El predio Chaleche, se encuentra dentro de un ecosistema único enclavado en las montañas de la cuenca alta del río Bogotá, los páramos representan una joya de vida única en el entramado global de biodiversidad. Estos ecosistemas de alta montaña albergan formas de vida exclusivas y arraigadas, tanto en su flora y fauna como en las poblaciones humanas que han forjado sistemas culturales intrincados, contribuyendo así a la riqueza de la diversidad planetaria. Durante el desarrollo del proyecto se lograron identificar los siguientes ecosistemas:

- *Bosque Subpáramo:*

El bosque subpáramo es un ecosistema que se encuentra en las zonas altas de las montañas, justo por debajo de la línea de árboles. Aquí, los árboles comienzan a disminuir en densidad y altura debido a las condiciones climáticas más rigurosas. Este ecosistema alberga una mezcla única de especies de plantas y animales adaptados a altitudes elevadas y temperaturas frescas. Los árboles que aún prosperan, como los robles y los alisos, están adaptados para resistir el viento y las temperaturas frías, en el subpáramo se alcanzan valores entre 8° y 10°C (Banco de occidente,2001).

Dentro del predio, este ecosistema se extiende sobre todo por el costado occidental, donde se presentan algunas interrupciones principalmente por la deforestación.

- *Páramo Andino*

El páramo andino es un ecosistema icónico de alta montaña, caracterizado por sus vastas extensiones de pastizales y arbustos resistentes al frío. Esta región se encuentra por encima de la línea de árboles y está marcada por temperaturas extremadamente bajas y vientos constantes. Aquí, las especies vegetales y animales han evolucionado para sobrevivir en condiciones desafiantes, como el frailejón, una planta esponjosa que almacena agua en sus hojas y contribuye a regular el flujo de agua en los ecosistemas montañosos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible,2021).

Figura 5 *Identificación de frailejones***Figura 6** *Identificación de frailejones*

- *Ecosistemas Acuáticos*

Dentro del predio Chaleche, es posible identificar tres principales fuentes hídricas, estas son conocidas por la población local como Las Moyas, Arracachal y Rosalinda. Por otro lado, se identifica también la zona denominada como Lagunetas, la cual se encuentra en la zona suroriental y comprende un humedal con formaciones de espejos de agua dominados por una laguna de mayor tamaño.

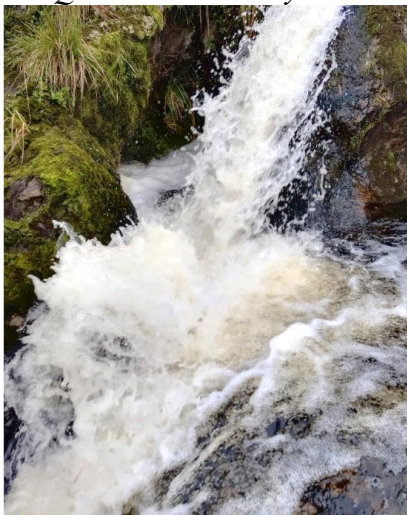
Figura 7 *Quebrada Las Moyas***Figura 8** *Quebrada Arracachal*

Figura 9 *Vista de lagunetas***Figura 10** *Vista de lagunetas*

- *Ecosistemas estratégicos y/o áreas protegidas*

Todo el territorio del predio Chaleche forma parte de la cuenca alta del río Bogotá, lo que resalta su relevancia en términos hidrológicos y ambientales. Los ecosistemas presentes, estrechamente vinculados a los páramos, se caracterizan por su sensibilidad y su papel crucial en la regulación hídrica y la biodiversidad de la región. Estas áreas estratégicas no solo albergan una gran variedad de especies adaptadas a las condiciones extremas, sino que también desempeñan un papel fundamental en la provisión de servicios ecosistémicos esenciales. Con el fin de garantizar su preservación, estas zonas están protegidas por el marco legal colombiano y se benefician de medidas y regulaciones específicas destinadas a mantener la integridad de estos valiosos ecosistemas de páramo.

El predio Chaleche, al encontrarse ubicado en un ecosistema de páramo y subpáramo, enfrenta variedad de amenazas que comprometen la conservación de su biodiversidad. Entre las principales se encuentra la deforestación, la cual ha dejado como consecuencia interrupciones en la cobertura vegetal, afectando la continuidad del bosque subpáramo y trayendo consigo la fragmentación del hábitat en especies como el oso andino, el puma y el venado cola blanca.

5.1 Actividad 1.2. Muestreo de biodiversidad con protocolos validados por el Instituto Humboldt y UICN

5.1.1 Monitoreo de avifauna mediante cámaras trampa y transectos

En los meses de febrero y marzo de 2025, se realizó un monitoreo de avifauna en el predio Chaleche Parte Alta, Sesquilé, fundamentado en metodología científica de prestigio internacional. Concretamente se utilizaron protocolos definidos de conteo puntual de aves (point counts), en base a las directrices del informe técnico "Monitoring Bird Populations by Point Counts", recogido por Ralph, Sauer y Droege (1995), el cual establece los estándares para muestreo sistemático de avifauna y recogida de datos comparables en International Applications. Se establecieron seis puntos estratégicos de observación, ubicados a una distancia mínima de 200 metros entre sí, para garantizar la independencia de los datos, siguiendo las recomendaciones de (Ralph et al. 1996) y (Coxran, W. G. 1977). En estos puntos, un investigador equipado con binoculares, una cámara Sony DSC-H400, cámaras trampa y guías de campo, realizó observaciones sistemáticas. La elección de los lugares, teniendo en cuenta los criterios metodológicos sugeridos por (Roldán y Ramírez 2008) para los estudios de biodiversidad enfocados en los ecosistemas altoandinos, incluyó espejos de agua, orillas y vegetación, lo que permitió contar con un registro representativo de la variedad de especies observadas en distintos microhábitats. Las sesiones de observación se realizaron una vez en el día y otra en la noche, durante dos días al mes, con una duración de 20 minutos cada una, en horarios rotativos, lo que permitió minimizar sesgos relacionados con la visibilidad o la actividad de las especies (Kepler y Scott, 1981), (Hutto et al., 1986) y (Martella et al., 2017).

La clasificación taxonómica de las especies registradas siguió las guías propuestas por Hilty & Brown (2001), Pyle (1997), Renjifo et al. (2014) y Stiles et al. (1989), mientras que la asignación de gremios de forrajeo respondió al modelo de Hurd y Rosselli (1998). Para tal fin se identificaron los rangos de distribución y las diferentes categorías de conservación de acuerdo a los criterios de la UICN, utilizando formatos estandarizados a nivel internacional como el formato Darwin Core Archive (DwC-A) (Wieczorek, 2012), ampliamente utilizado para intercambiar datos de biodiversidad, así como archivos espaciales (shapefiles y CSV), que están contenidos en la plataforma lista roja de la UICN (International Union for Conservation of Nature, 2025).

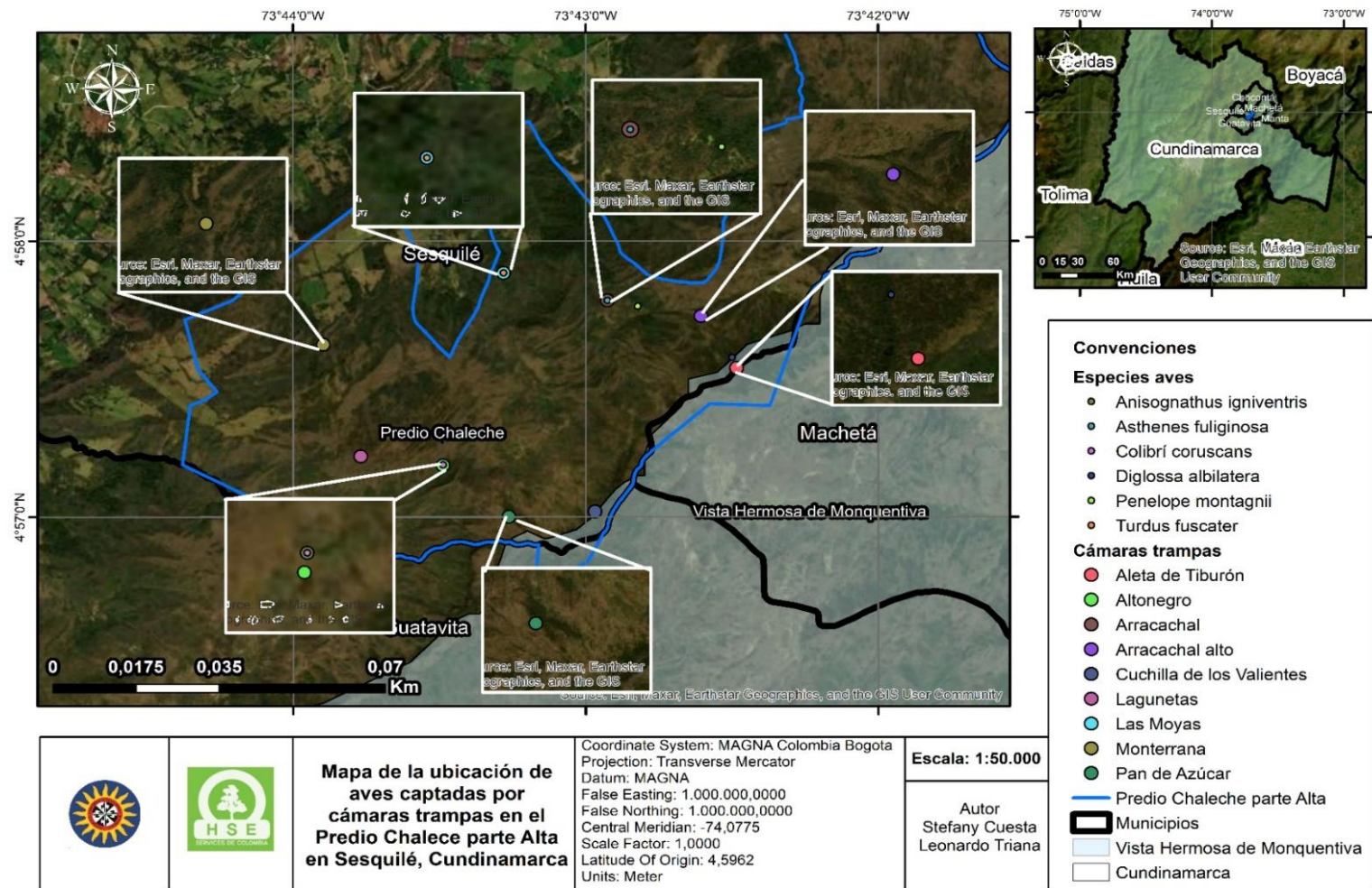
En todos los casos, los datos fueron registrados y posteriormente digitalizados en una base de datos para facilitar su análisis y estudiar el estado ecológico del área. Toda la información fue registrada en formatos estandarizados y digitalizada en una base de datos, facilitando su posterior análisis para la evaluación del estado ecológico del área. Especies de Aves Confirmadas.

Tabla 3 *Especies de aves confirmadas*

ESPECIE	UBICACIÓN	COORDENADAS
Anisognathus igniventris	Monterrana	4°57'11.36"N
		73°43'29.32"O
Asthenes fuliginosa	Arracachal	4°57'47.10"N
		73°42'55.60"O
	Arracachal Ajustada	4°57'45.84"N
Turdus fuscater	Monterrana	73°42'49.37"O
		4°57'11.36"N
	Las Moyas	73°43'29.32"O
		4°57'53.10"N
Penelope montagnii	Arracachal Ajustada	73°43'16.90"O
		4°57'45.84"N
Diglossa albilatera	Aleta de Tiburón Ajustado	73°42'49.37"O
		4°57'34.71"N
Colibrí coruscans	Monterrana	73°42'30.02"O
		4°57'11.36"N
		73°43'29.32"O

Nota. Tabla es la recopilación de la ubicación de las aves confirmadas captadas por las cámaras trampa.

Figura 11 *Ubicación de aves captadas*



Nota. Mapa es la representación visual de la ubicación de las aves captadas por las cámaras trampa.

5.1.2 Monitoreo de mastofauna mediante cámaras trampa y transectos

Como parte del seguimiento ecológico a los procesos de restauración adelantados en el predio Chaleche Parte Alta, se implementaron técnicas de monitoreo de fauna silvestre basadas en el uso de cámaras trampa y recorridos por transectos. Se usaron 13 cámaras trampa (Gardepro A3, Alphacam Dual Lens No Glow y Spyponit Force Pro) funcionales las 24h del día, ubicadas en diferentes coberturas del ecosistema (bosque, frailejonal y pastizal), permitieron registrar de manera no invasiva la presencia y frecuencia de mamíferos terrestres, incluyendo especies poco visibles durante el día o de hábitos nocturnos. Estas herramientas, recomendadas en evaluaciones de restauración por su bajo impacto y alto rendimiento en la captura de datos (Barrera, 2010) y (Etter, McAlpine y Seabrook, 2017), se ubicaron también en caminos de herradura estratégicos para maximizar la probabilidad de detección.

Se adaptó progresivamente el sistema de cámaras trampa, entendiendo la existencia de un punto ubicado en el cuadrante nororiente del cóndor, en base a criterios de cobertura del espacio y efectividad del registro (Cabrera y Ramírez, 2014). Para justificar esta decisión, se generó un mapa georreferenciado que refleja la posición de las cámaras trampa en cada ciclo de monitoreo y pone de manifiesto las distintas variaciones espaciales que fueron implementadas durante el seguimiento.

Adicionalmente, se revisaron las áreas adyacentes a los caminos entre las 06:00 h y las 17:00 h lo que permitió realizar observaciones directas de rastros, huellas y excretas, así como consultas a los pobladores locales utilizando guías ilustradas para validar avistamientos y enriquecer el inventario de especies (González y Hernández, 2019) y (Morales, Ocampo y Pabón, 2015). Esta combinación de métodos científicos y comunitarios no solo incrementó la calidad y diversidad de los datos recopilados, sino que también fortaleció la apropiación del proceso por parte de las comunidades, promoviendo la gobernanza participativa del paisaje restaurado (Cifuentes y López, 2021).

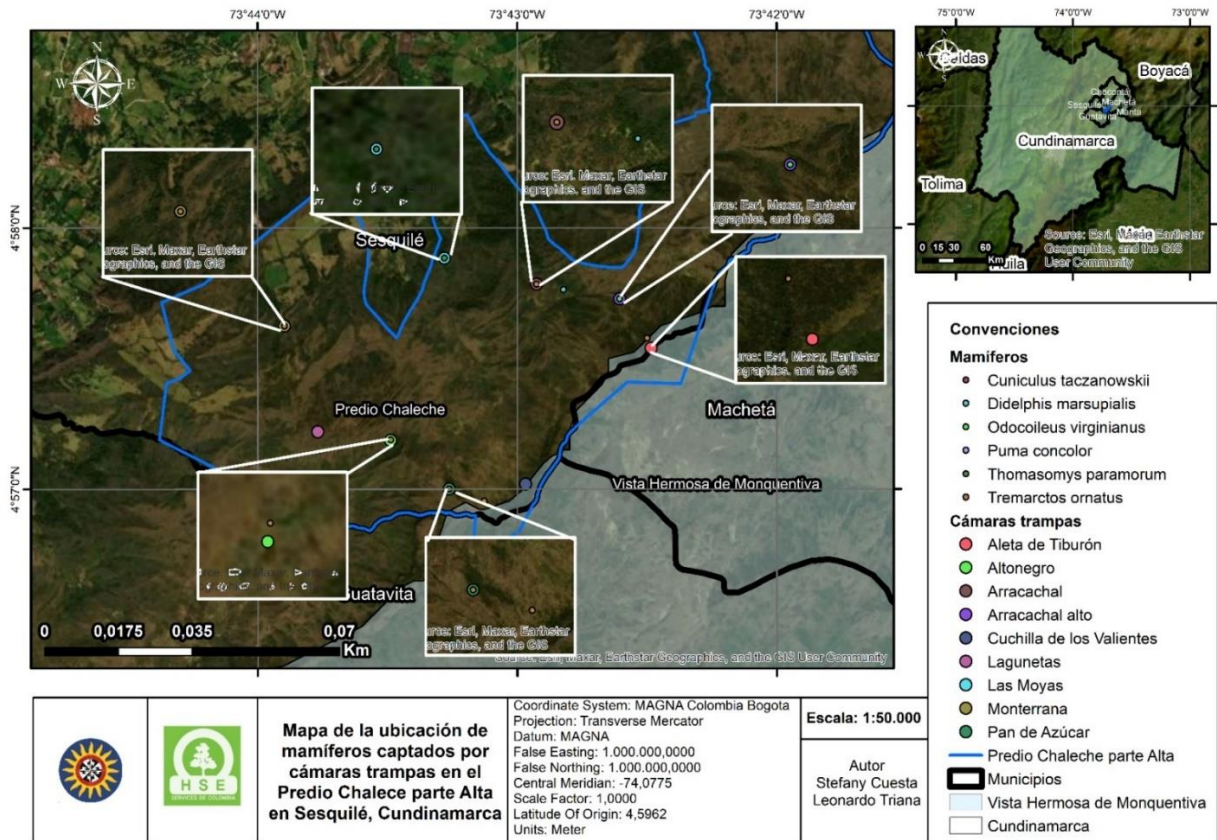
- *Especies de mamíferos confirmados.*

Tabla 4 *Especies de mamíferos confirmados.*

ESPECIE	UBICACIÓN	COORDENADAS	
Tremarctos ornatus (Se confirma la presencia de al menos tres (3) especímenes)	Altonegro	4°57'37.50"N 73°43'53.88"O	
	Monterrana	4°57'11.36"N 73°43'29.32"O	
	Pan de Azucar	4°57'0.07"N 73°43'15.80"O	
	Pan de Azucar ajustado	4°56'57.30"N 73°43'7.70"O	
	Arracachal	4°57'47.10"N 73°42'55.60"O	
	Arracachal Ajustado	4°57'45.84"N 73°42'49.37"O	
	Aleta de Tiburón Ajustado	4°57'34.71"N 73°42'30.02"O	
	Valle de Frailejones	4°58'19.60"N 73°42'7.80"O	
	Cuniculus taczanowskii	Las Moyas	4°57'53.10"N 73°43'16.90"O
	Odocoileus virginianus	Arracachal Alto	4°57'43.70"N 73°42'36.40"O
Puma concolor	Arracachal Alto	4°57'45.84"N 73°42'49.37"O	
Didelphis marsupialis	Arracachal Alto	4°57'45.84"N 73°42'49.37"O	
Thomasomys paramorum	Las Moyas	4°57'53.10"N 73°43'16.90"O	

Nota. Tabla es la recopilación de la ubicación de los mamíferos confirmadas captadas por las cámaras trampa.

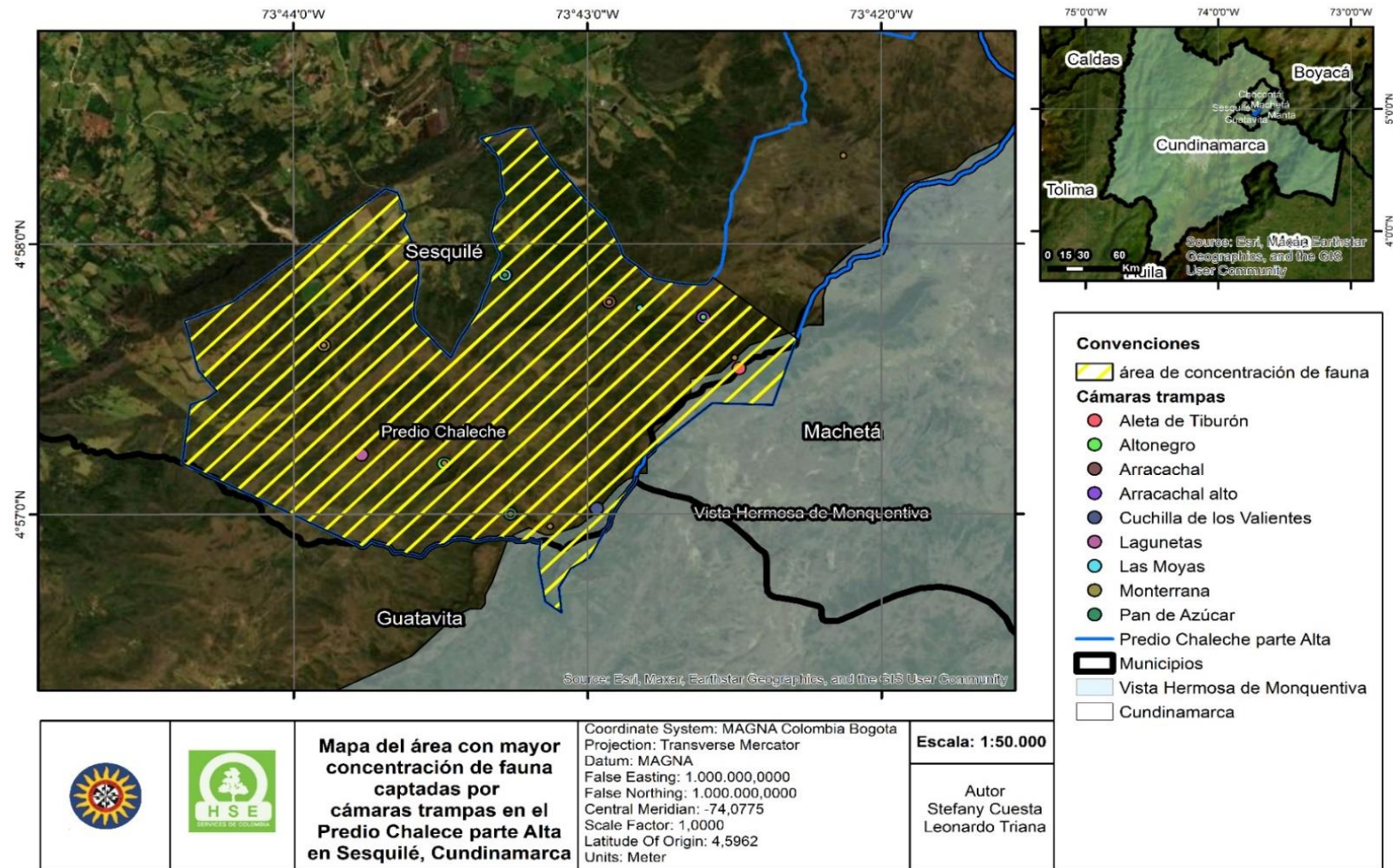
Figura 12 *Ubicación de mamíferos capturados*



Nota. Mapa es la representación visual de los mamíferos capturados por las cámaras trampa.

En la parte posterior de las representaciones diacrónicas de las diferentes zonas en las cuales se obtuvo la presencia de fauna (ver mapas de las Figuras 11 y 12), se establece un mapa ver Figura 13, donde se delimita el sector o áreas donde las especies se encuentran en concentraciones más importantes. Dicha área de concentración de especies fue determinada a través del reconocimiento de terreno, el mapa de uso del suelo y los sobrevuelos con dron. Además, el área de concentración delimitada en el mapa de la Figura 13 es de 630.01 ha.

Figura 13. Área de concentración de fauna

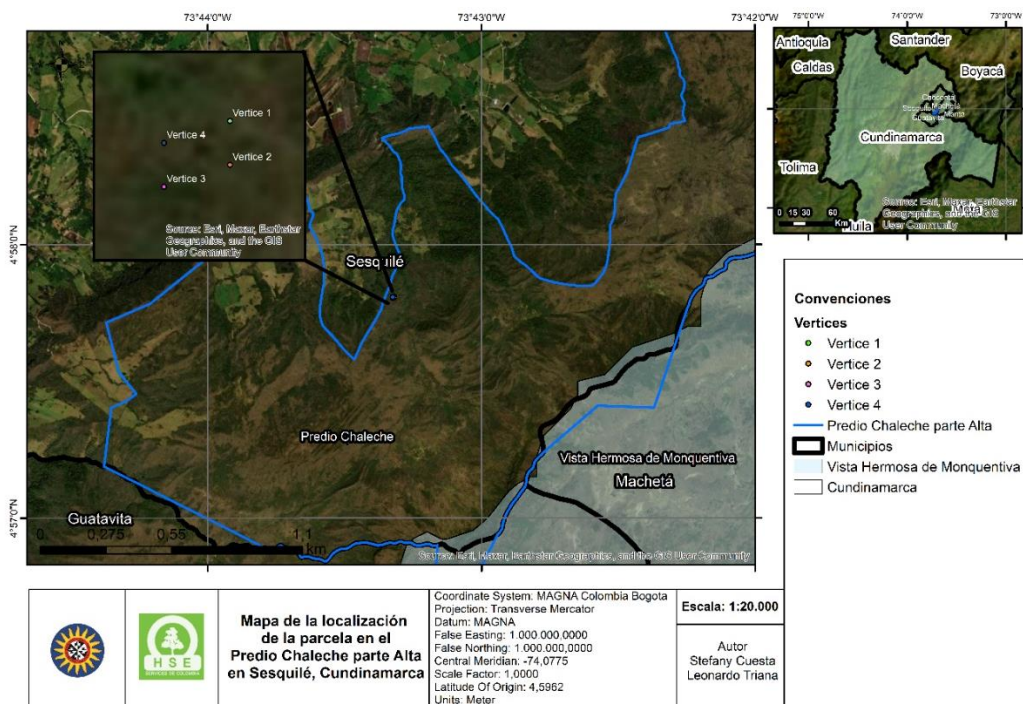


Nota. Mapa es el área de concentración de fauna Chaleche.

5.2 Actividad 1.3. Caracterización y monitoreo de vegetación

La parcela fue instalada con dimensiones de 10 × 10 metros, demarcada mediante vértices fijos en tubería de PVC blanco (1½") con punta amarilla, acompañados de tubos secundarios de ½" para señalar el perímetro. Esta delimitación física, recomendada para facilitar el monitoreo continuo (González, Hernández y Martínez, 2017), fue reforzada con fibra blanca para su rápida identificación y acceso en campo. Además, se registraron las coordenadas de cada vértice utilizando un sistema de geoposicionamiento global (GPS), cuya precisión fue reportada, y se fijaron placas de aluminio numeradas que indican el nombre del ensayo y su ubicación geográfica. Estas acciones permiten establecer una línea base robusta para evaluar el éxito de los procesos de restauración, así como monitorear el dinamismo ecológico del área restaurada a largo plazo (Márquez y Díaz, 2017) y (Morales, Ocampo y Pabón, 2015). La instalación de esta parcela no solo responde a criterios técnicos, sino que se inscribe dentro de los marcos normativos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2019) para ecosistemas estratégicos como los páramos, consolidando un sistema de evaluación que articula ciencia, normativa y participación local (Etter, McAlpine y Seabrook, 2017).

Figura 14 Ubicación de la parcela en el predio



Nota. Mapa es la representación visual de la ubicación de la parcela en el área delimitada.

Figura 15 Visualización de la parcela permanente de caracterización y monitoreo.



Nota. Fotografía donde se observa dentro del círculo rojo la parcela.

5.2.1 Marcación de individuos y monitoreo de la regeneración vegetal

Con objeto de comprobar la estructura y dinámica de la vegetación del establecimiento Chaleche Parte Alta, se llevó a cabo la localización y marcado individual de los individuos vegetales del interior de la parcela permanente de seguimiento. La clasificación de los ejemplares se efectuó de acuerdo con los estratos de Rangel y Lozano (1986), lo que permite discriminar entre vegetación rasante (<0.3 m), herbácea (0.3-1.5 m), arbustiva (1.5-5 m), arbolitos (5-12 m), arbórea inferior (12-25 m) y arbórea superior (>25 m). En cualquier caso, e independientemente el individuo de la especie, el marcado de la circunferencia del tallo se realizó con pintura asfáltica de color amarillo, ejecutándolo también de acuerdo con el estrato al que pertenece con el fin de homogeneizar y asegurar la visibilidad. Esta estrategia de marcado, ampliamente validada en trabajos de restauración ecológica altoandina (Barrera, 2010) y (Cabrera y Ramírez, 2014), permite hacer seguimiento a los individuos con el paso del tiempo.

Del mismo modo, se utilizaron cuadrantes permanentes de 1 m², con dimensiones de 100 cm x 100 cm nuevamente, los cuales fueron fijados en el interior de la parcela para llevar a cabo el monitoreo del proceso de regeneración de la vegetación en el estrato rasante y el estrato herbáceo principalmente, para proceder a la colocación de los cuadrantes, los cuales quedaron fijados con vértices para poder ser fácilmente localizados para futuras mediciones y de este modo poder continuar con la toma de datos a largo plazo, lo que permite monitorear con precisión los procesos

de sucesión temprana y el reclutamiento natural, caracterizando de esta forma con el cálculo de la eficacia de la restauración en ecosistemas de páramo (Cifuentes y López, 2021) y (Márquez y Díaz, 2017). La utilización de estos instrumentos de campo se da, atendiendo a lo propuesto por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2018-2019) dentro de la Estrategia Nacional de Restauración Ecológica y realza el contenido técnico y científico del proyecto, ya que permite combinar el conocimiento empírico con el trabajo de planificación adaptativa.

Figura 16 Realización de marcaje a la vegetación dentro de la parcela permanente



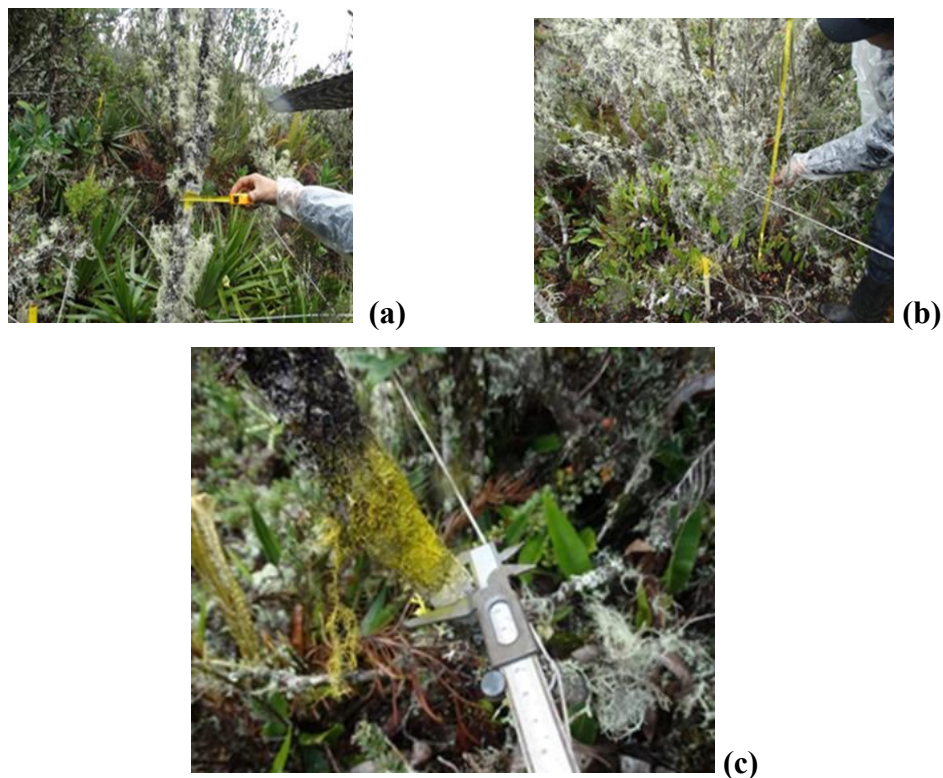
5.2.2 Registro de datos estructurales y regeneración en parcelas permanentes

Con el fin de caracterizar de manera precisa la estructura de la vegetación en el predio Chaleche Parte Alta, se aplicó una metodología de toma de datos ecológicos en unidades de muestreo de 10×10 metros. Se registraron variables estructurales como el diámetro del tallo, diámetro de copa, altura, fenología, origen de las especies y su localización espacial relativa. El diámetro del tallo se midió empleando calibradores o cintas métricas según el tamaño del individuo, normalizando las mediciones con base en el valor de π (3.1416) para obtener el diámetro a partir de la circunferencia (Cabrera y Ramírez, 2014). La altura de los individuos se midió con flexómetro, vara calibrada o hipsómetro, dependiendo del porte de la planta. De forma complementaria, se registraron características fenológicas relacionadas con la presencia de estructuras reproductivas, así como la procedencia (nativa o introducida) de las especies, con apoyo de literatura especializada (Cifuentes y López, 2021). Para evitar errores acumulativos asociados al GPS, la ubicación de cada individuo se representó en un sistema de coordenadas

locales (x, y), referenciado desde el vértice principal de la parcela, siguiendo protocolos similares a los utilizados por Barrera (2010).

En lo relacionado con la regeneración vegetal, se establecieron cuadrantes de 1 m² (100 × 100 cm) al interior de las parcelas para registrar la cobertura ocupada por morfoespecies en una grilla subdividida en 100 celdas de 10 × 10 cm. Este sistema permitió estimar porcentajes de cobertura por especie mediante conteo directo de celdas ocupadas, lo cual ofrece alta resolución para monitorear los estratos rasante y herbáceo (Cifuentes y López, 2021) y (Barrera, 2010). Además, se consignó la altura promedio de cada especie en estos cuadrantes para analizar dinámicas sucesionales y evaluar el reclutamiento natural.

Figura 17 *Proceso de toma datos dasométricos en la parcela permanente de caracterización y monitoreo.*




Nota. (a) Medición del diámetro a la altura del pecho (DAP) con flexómetro. (b) Medición de la altura total de la planta con flexómetro. (c) Medición del diámetro con un calibrador Pie de Rey para plántulas o árboles delgados.

5.3 Fase 2. Análisis de cambios en la biodiversidad en la zona de estudio



5.3.1 Actividad 2.1. Elaboración de inventarios a partir del registro de especies con las cámaras trampa y muestreos de vegetación



El uso de cámaras trampa permitió identificar la presencia de diversas especies de fauna silvestre en el predio Chaleche, evidenciando la funcionalidad ecológica del área y su papel como corredor biológico dentro del ecosistema de páramo. La detección de mamíferos y aves de diferentes gremios ecológicos indica una disponibilidad adecuada de hábitat y recursos. Estos registros confirman la importancia de conservar los fragmentos boscosos y las áreas de vegetación arbustiva, que actúan como refugios y rutas de desplazamiento para la fauna local (ver Tabla 5):



Tabla 5 Caracterización de fauna



Especie	Imagen Capturada	Descripción
<p><i>Anisognathus igniventris</i></p>	<p>Figura 18 Registro de Fauna: <i>Anisognathus igniventris</i> (Pechirrojo)</p>  <p>El <i>Anisognathus igniventris</i>, cumple un papel ecológico importante en el páramo como dispersor de semillas, al alimentarse de frutas y ayudar a la regeneración de plantas; además, consume insectos, contribuyendo al control natural de sus poblaciones (BirdLife International, 2016a).</p>	<p>Especie de ave perteneciente a la familia Thraupidae. Esta especie se encuentra en América del Sur, el pechirrojo juega un papel importante en la dispersión de semillas y en la polinización de flores en su hábitat. Su dieta se compone principalmente de frutas e insectos. Esta especie se encuentra en un estado de conservación de "Preocupación Menor" (LC) según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (BirdLife International, 2016a).</p>
<p><i>Turdus fuscater</i></p>		<p>Esta ave tiene un plumaje principalmente marrón con un vientre ligeramente más claro. La Mirla andina es típicamente un ave solitaria, prefiriendo permanecer oculta entre la densa vegetación de su hábitat forestal. El estado de conservación de <i>Turdus fuscater</i>, conocido comúnmente como mirla</p>

Especie	Imagen Capturada	Descripción
<p data-bbox="201 1318 321 1381"><i>Diglossa albilatera</i></p>	<p data-bbox="448 233 979 296">Figura 19. Registro de Fauna: <i>Turdus fuscater</i> (Mirla)</p>  <p data-bbox="448 667 979 989">El <i>Turdus fuscater</i>, cumple una función ecosistémica clave en el páramo como dispersor de semillas, ya que se alimenta de frutas, también consume insectos y pequeños invertebrados, lo que contribuye al control de sus poblaciones. Al formar parte de las redes tróficas, su presencia favorece la biodiversidad y sirve como indicador de la salud del ecosistema (BirdLife International, 2016c).</p>	<p data-bbox="1013 233 1421 426">andina, según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), es "Preocupación Menor" (LC) (BirdLife International, 2016c).</p>
	<p data-bbox="448 1003 979 1087">Figura 20. Registro de fauna: <i>Diglossa albilatera</i></p>  <p data-bbox="448 1472 979 1696">El <i>Diglossa albilatera</i>, cumple una función ecosistémica importante en el páramo como polinizador, ya que se alimenta del néctar de flores, facilitando la reproducción de diversas plantas nativas. También consume pequeños insectos, ayudando al control biológico (BirdLife International, 2018b).</p>	<p data-bbox="1013 1108 1421 1602">Conocida comúnmente como Picaflor flanquiblanco o frutero ventriblanco, es una especie de ave passeriforme perteneciente a la familia Thraupidae. El estado de conservación de según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), es "Preocupación Menor" (LC) (BirdLife International, 2018b). Esto significa que la especie no enfrenta amenazas significativas y se considera común o abundante en su rango de distribución.</p>

Especie	Imagen Capturada	Descripción
<p data-bbox="201 646 331 716"><i>Penelope montagnii</i></p>	<p data-bbox="451 226 987 262">Figura 21. Registro de Fauna: <i>Penelope montagnii</i></p>  <p data-bbox="446 667 987 961">La <i>Penelope montagnii</i>, cumple una función ecosistémica clave en el páramo como dispersora de semillas de gran tamaño, debido a su dieta basada en frutos, hojas y flores. Al desplazarse por amplias áreas del bosque altoandino y páramo, contribuye a la regeneración de la vegetación y al mantenimiento de la estructura del ecosistema (BirdLife International, 2016b).</p>	<p data-bbox="1008 394 1422 793">Conocida comúnmente como pava andina o paujil montañoero, es una especie de ave perteneciente a la familia Cracidae. El estado de conservación según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), es "Preocupación Menor" (LC) (BirdLife International, 2016b). Esto significa que la especie no enfrenta amenazas significativas.</p>
<p data-bbox="201 1402 331 1472"><i>Asthenes fuliginosa</i></p>	<p data-bbox="451 961 987 997">Figura 22. Registro de Fauna: <i>Asthenes fuliginosa</i></p>  <p data-bbox="446 1402 987 1797">El <i>Asthenes fuliginosa</i>, cumple una función ecosistémica importante en el páramo como controlador de insectos, ya que se alimenta principalmente de pequeños invertebrados que encuentra entre la vegetación baja. Al construir nidos grandes con ramas y pastos, también modifica microhábitats, lo que puede beneficiar a otras especies pequeñas. Su comportamiento territorial y su adaptación al entorno lo convierten en una pieza clave en el equilibrio ecológico del páramo altoandino (BirdLife International, 2018a).</p>	<p data-bbox="1008 1203 1422 1570">Conocida comúnmente como chamicero de los Andes o canastero andino, es una especie de ave passeriforme perteneciente a la familia Furnariidae; está clasificada como "Preocupación Menor" (LC) en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (BirdLife International, 2018a).</p>

Especie	Imagen Capturada	Descripción
<p data-bbox="201 632 423 695"><i>Colibrí coruscans</i> <i>coruscans</i></p>	<p data-bbox="448 233 979 310">Figura 23. Registro de Fauna: Colibrí <i>coruscans</i></p>  <p data-bbox="448 667 979 1031">El Colibrí <i>coruscans coruscans</i>, cumple una función ecosistémica fundamental en el páramo como polinizador. Al alimentarse del néctar de diversas flores, facilita la reproducción de plantas nativas, muchas de las cuales dependen exclusivamente de colibríes para su polinización. Su actividad diaria promueve la diversidad vegetal y el mantenimiento de las interacciones ecológicas esenciales para la salud del ecosistema de páramo (BirdLife International, 2016c).</p>	<p data-bbox="1011 401 1419 863">En el mes de diciembre se logró identificar un individuo de la especie Colibrí <i>coruscans</i> en la cámara trampa ubicada en el sector monterrana, esta especie se caracteriza por ser un colibrí grande y agresivo que lidera generalmente los comederos. El estado de conservación según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), es "Preocupación Menor" (LC) (BirdLife International, 2016c).</p>
<p data-bbox="201 1430 342 1493"><i>Tremarctos ornatus</i></p>	<p data-bbox="448 1041 979 1098">Figura 24. Registro de Fauna: <i>Tremarctos ornatus</i> en el punto Arracachal</p>  <p data-bbox="448 1423 979 1715">La importancia de esta especie radica en su capacidad como dispersor de semillas, asegurando la diversidad de especies vegetales y la renovación de los hábitats. Además, el oso andino es un símbolo cultural y turístico, generando conciencia sobre la importancia de preservar su hábitat y promoviendo la conservación de la fauna y flora asociada (Cáceres-Martínez et al., 2019).</p>	<p data-bbox="1011 1167 1419 1661">El oso andino, también conocido como oso de anteojos, es la única especie de la familia de los úrsidos que habita en Sudamérica. Esta especie se encuentra categorizada por la UICN como Vulnerable (Ximena Velez-Liendo (WildCRU & Shaenandhoa García-Rangel (Simón Bolívar University, 2016), además, la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) la ubica como una especie amenazada. (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca et al., 2004)</p>

Especie	Imagen Capturada	Descripción
<p data-bbox="203 598 360 661"><i>Cuniculus taczanowskii</i></p>	<p data-bbox="446 226 984 310">Figura 25. Registro de fauna: <i>Cuniculus taczanowskii</i></p>  <p data-bbox="446 667 984 898">Esta es una especie con gran valor cinegético y es cazado indiscriminadamente por los habitantes de las poblaciones aledañas para su consumo. Además, desempeña un papel ecológico importante como dispersor de semillas para la restauración de zonas naturales degradadas. (Osbaahr et al., 2007).</p>	<p data-bbox="1008 317 1419 541">Es una especie de roedor de la familia Cuniculidae, color negro con líneas laterales blancas punteadas y su vientre es marfil, este caviomorfo presenta hábitos solitarios, nocturnos y fosoriales (Emmons, 1999).</p> <p data-bbox="1008 548 1419 814">Según la información disponible en la página oficial de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), <i>Cuniculus taczanowskii</i>, se encuentra catalogado como "Casi amenazado" en la Lista Roja de Especies Amenazadas.</p>
<p data-bbox="203 1455 344 1518"><i>Odocoileus virginianus</i></p>	<p data-bbox="446 905 984 989">Figura 26 Registro de fauna: <i>Odocoileus virginianus</i></p>  <p data-bbox="446 1570 984 1900"><i>Odocoileus virginianus</i> es una especie de gran importancia tanto ecológica como cultural. Desde el punto de vista ecológico, desempeña un papel clave en la regulación de los ecosistemas como herbívoro y como presa para depredadores, manteniendo el equilibrio de las cadenas tróficas. Culturalmente, el venado de cola blanca es valorado como recurso cinegético y atractivo para la observación de la fauna (Martínez-Polanco,</p>	<p data-bbox="1008 1121 1419 1686">Conocido como venado de cola blanca, es un ciervo nativo de América del Norte (Smith, 1991). Las amenazas incluyen la pérdida de hábitat debido a la expansión humana, la fragmentación del paisaje, la caza no regulada y los accidentes automovilísticos (International Union for Conservation of Nature, 1978), (Marantz et al., 2016), (Martínez-Polanco, 2011) y (Viscarra et al., 2022). Está clasificado como una especie de "preocupación menor" en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).</p>

Especie	Imagen Capturada	Descripción
<p><i>Didelphis marsupialis</i></p>	<p>2011), generando beneficios económicos y recreativos. Para conservar esta especie, es esencial abordar las amenazas que enfrenta, como la pérdida de hábitat y la caza no regulada.</p> <p>Figura 27. Registro de Fauna: <i>Didelphis marsupialis</i></p>  <p>Didelphis marsupialis o zarigüeya cumple un papel fundamental en los ecosistemas ya que esta especie se caracteriza por ser un control biológico de plagas como roedores o insectos, por medio de este control la zarigüeya mantiene al margen a las plagas como las cucarachas, arañas, entre otras especies, las cuales pueden traer enfermedades a las personas e incluso a las otras especies presentes en este tipo de ecosistemas. La población de Didelphis marsupialis está siendo vulnerada y de ser así es probable que existan cambios negativos en el medio ambiente a mediano o largo plazo. (Delgado y Menendez, 2021)</p>	<p>La zarigüeya, conocida también como el Colombia como chucha, runcho o fara. La Zarigüeya, está clasificada como "Preocupación Menor" (LC) en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (BirdLife International, 2018a).</p>
<p><i>Thomasomys paramorum</i></p>	<p>Figura 28. Registro de fauna: <i>Thomasomys paramorum</i></p>  <p>El <i>Thomasomys paramorum</i>, un pequeño roedor endémico de los páramos andinos, cumple una función ecosistémica importante como dispersor de semillas y esporas, al</p>	<p>Conocida comúnmente como "ratón de cola larga de Páramo", es una especie de roedor endémico de los ecosistemas de páramo en América del Sur. Aunque se considera una especie de "Preocupación Menor" según la Lista Roja de la UICN, es imperativo continuar monitoreando la población y el hábitat de <i>T. paramorum</i>. Las amenazas potenciales incluyen la pérdida de hábitat debido a cambios en el uso de la tierra y perturbaciones antropogénicas (UICN) (BirdLife International, 2018a).</p>

Especie	Imagen Capturada	Descripción
	<p>alimentarse de frutas, hongos y vegetación. Además, es una presa clave para varios depredadores del páramo, como aves rapaces y carnívoros, formando parte esencial de la cadena trófica. Su actividad también contribuye a la aireación del suelo, favoreciendo procesos ecológicos como la infiltración de agua y la descomposición de materia orgánica (UICN) (BirdLife International, 2018a).</p>	

Figura 29. Registro de fauna: *Puma concolor*



Puma Concolor

El Puma concolor representa uno de los grupos clave para el funcionamiento de los ecosistemas naturales ya que establece el equilibrio entre las especies naturales de presas y el ecosistema, además de tener control ecológico también es un indicador de presencia y abundancia de presas y del buen estado en el que está el ecosistema. Es importante mencionar que los hábitos alimentarios de esta especie varían de acuerdo a la latitud, es decir en hábitats templados se alimentan de presas grandes y en hábitats tropicales se alimentan de presas especialmente pequeñas (Hernandez, Payan, y Monroy, 2011)

De acuerdo a sus características el hábitat de esta especie se ha reducido considerablemente a zonas apartadas. El puma es considerado por algunos campesinos como una de las especies más perjudiciales de acuerdo a la cantidad de animales que depredan. (Pacheco y Zapata , 2017) *Puma concolor*, también conocido como Puma andino, está clasificado como "Preocupación Menor" (LC) en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (BirdLife International, 2018a).

Nota. Elaborado en base en BirdLife International (2016-2018), Cáceres-Martínez et al. (2019), Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca et al. (2004), Delgado y Menéndez (2021), Emmons (1999), Hernández, Payán y Monroy (2011), Marantz et al. (2016), Martínez-Polanco (2011), Osbahr et al. (2007), Pacheco y Zapata (2017), Smith (1991), Viscarra et al. (2022), y Ximena Velez-Liendo & Shaenandhoa García-Rangel (2016)

Las especies vegetales identificadas se encuentran relacionadas en los resultados de la Actividad 2.3 cuando se realiza el análisis de índices de diversidad para vegetación.

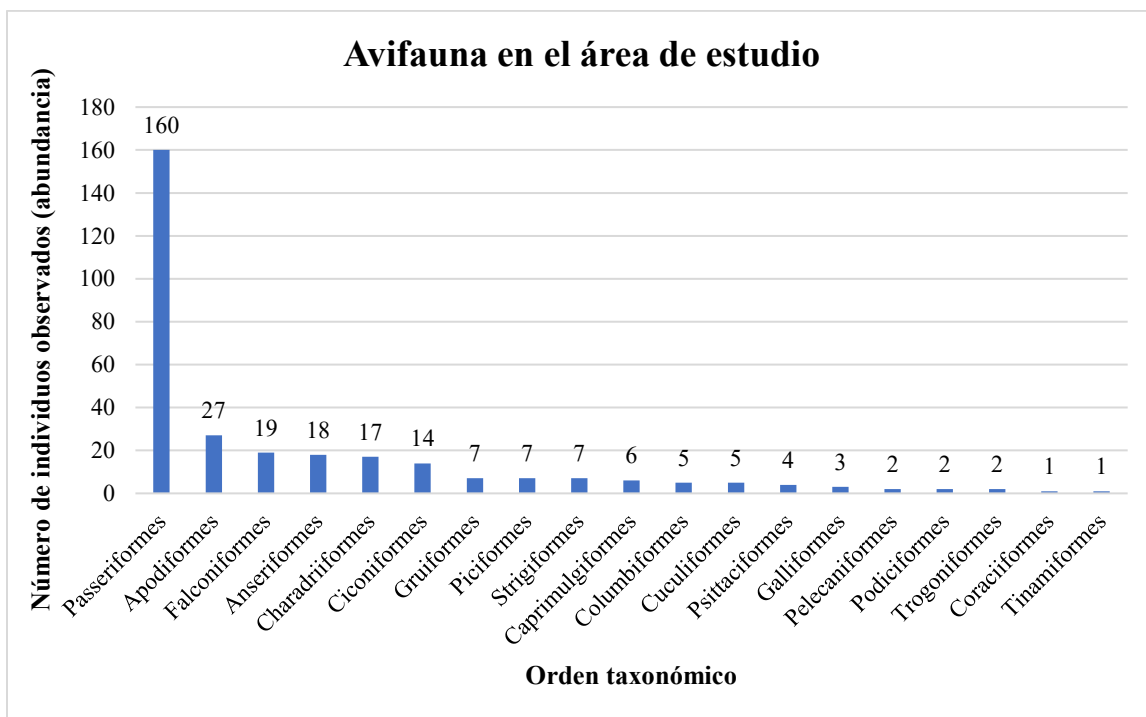
5.3.2 Actividad 2.2. Comparación de información primaria con los inventarios de la CAR

La comparación de la información primaria con los inventarios de la CAR consiste en contrastar los datos obtenidos directamente en campo (registro de especies) con los datos secundarios reportados por la autoridad ambiental en estudios previos. Este proceso permite verificar la coincidencia o discrepancia entre ambas fuentes, así como identificar posibles cambios en la composición de la fauna a lo largo del tiempo.

Según informe de la CAR Cundinamarca en la zona de estudio se pueden encontrar las siguientes especies de fauna: («Elaboración del Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá Subcuenca Río Bogotá Sector Sisga», 2007)

- Un total de 307 especies de aves pertenecientes a los siguientes grupos (ver Figura 30):

Figura 30 Abundancia de avifauna por orden taxonómico



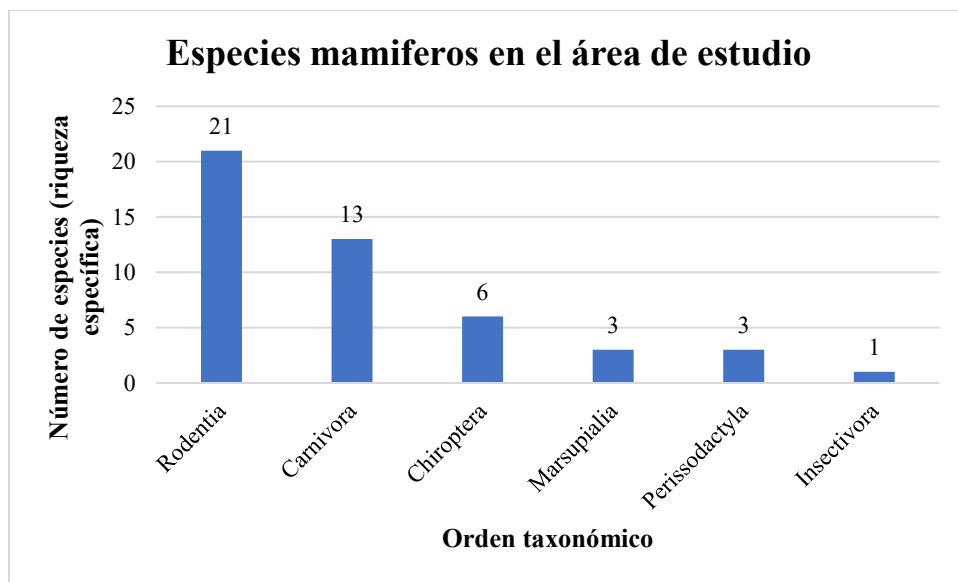
Nota. Adaptado de (Datos de la CAR,2007)

En la Figura 30 se representa el conteo de individuos registrados por cada orden taxonómico de aves de acuerdo con la información de la CAR. En el eje Y se definen el número de individuos en los que se han observado (abundancia de individuos) y en el eje X se representan los órdenes de aves (específicamente los órdenes Anseriformes, Apodiformes, Passeriformes, entre

otros). Por lo que el eje x, presenta el “Orden de aves”, aclarando que los valores que se dan no son “riqueza específica” (número de especies distintas) sino el conteo de individuos observados de cada orden. En este sentido, el gráfico muestra la abundancia absoluta registrada por la CAR, es decir, el número total de individuos pertenecientes a cada orden taxonómico identificados durante los muestreos en la zona de estudio.

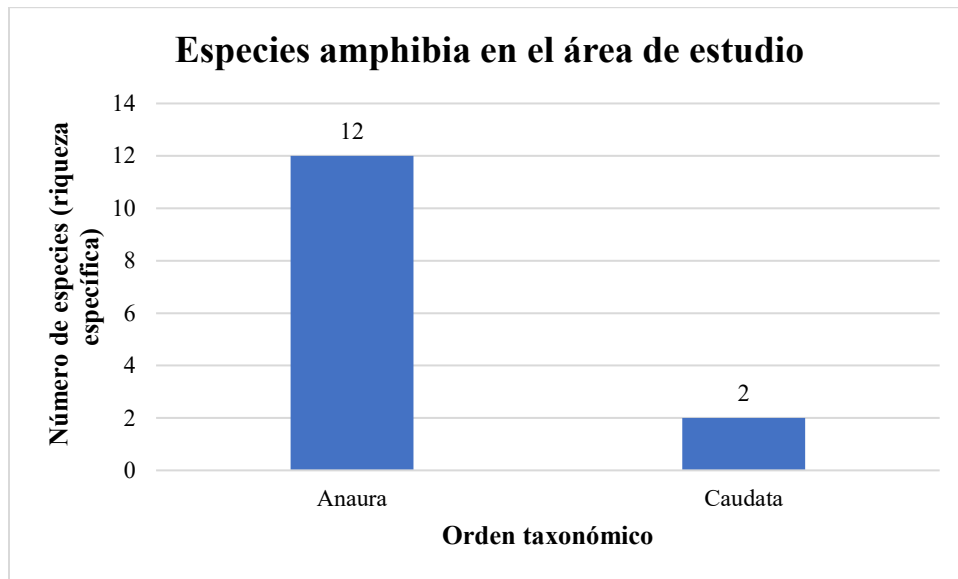
- Un promedio de 47 especies de mamíferos clasificados en los siguientes grupos (ver Figura 31):

Figura 31. *Número de especies de mamíferos por orden taxonómico*



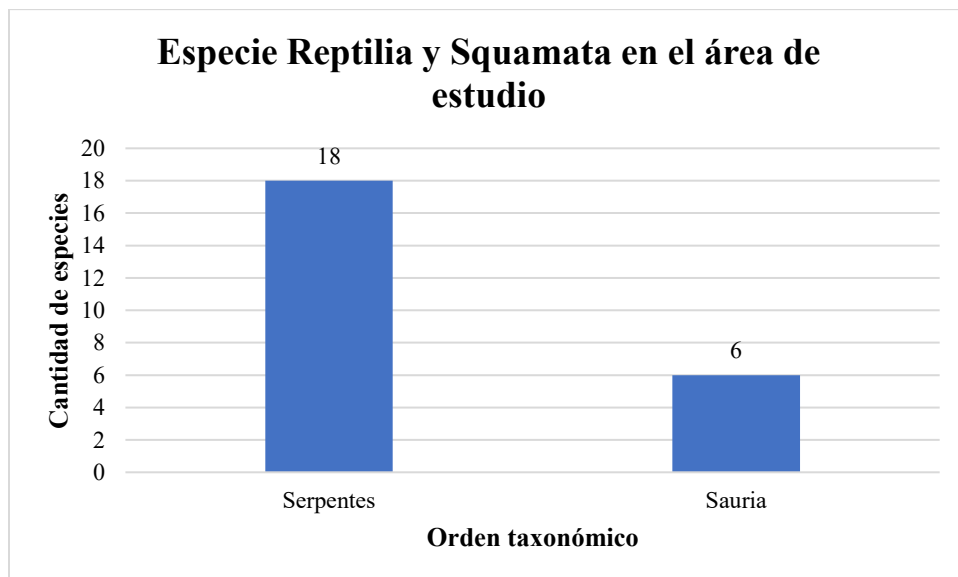
Nota. Adaptado de (Datos de la CAR,2007)

- Respecto a la clase amphibia se registra un total de 14 especies: 12 corresponden al orden Anura (Ranas y Sapos) y 2 al orden Caudata (salamandras) (ver Figura 32)

Figura 32 *Número de especies de Amphibia por orden taxonómico*

Nota. Adaptado de (Datos de la CAR,2007)

- En relación con la clase Reptilia y orden Squamata se establece un total de 24 especies, 6 pertenecientes al suborden Sauria (lagartos) y 18 al suborden Serpentes (ver Figura 33).

Figura 33 *Número de especies de Reptilia (Orden Squamata) por suborden*

Nota. Adaptado de (Datos de la CAR,2007)

Según el informe de La CAR Cundinamarca se encuentra la siguiente diversidad de Flora («Elaboración del Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá Subcuenca Río Bogotá Sector Sisga», 2007).

- Matorral bajo de Miconia Squamulosa y Myrsianthes leucoxylla.
- Matorral Alto Miconia Squamulosa y Weinmania tomentosa.
- Rastrojo.
- Bosque secundario.
- Vegetación de páramo.

En el desarrollo del presente proyecto se encontró que en estos ecosistemas colindantes a los páramos se encuentran varias especies de flora fundamentales para el equilibrio del ecosistema, siendo los frailejones importantes para regular el flujo de agua en los ecosistemas montañosos, una planta esponjosa que almacena agua en sus hojas. En el predio se inventariaron 511 individuos de plantas, entre latizales, brizales, bosque frailejonal y sotobosques, identificados mediante un muestreo en un área de 4.4 has.

Entre las especies más importantes de frailejones encontradas en el inventario, se encuentran el frailejón motoso (*Espeletia barclayana*), el frailejón plateado (*Espeletia argentea*).

La CAR Cundinamarca reporta de manera general para la zona la presencia de aves del orden Passeriformes y Galliformes, mamíferos carnívoros, roedores y marsupiales, así como coberturas vegetales de páramo y matorrales andinos. En el proyecto, estas categorías amplias se confirmaron con registros específicos: dentro de los Passeriformes se identificaron especies como la mirla andina, el chamicero y el pechirrojo; en Galliformes, la pava andina; entre los carnívoros, el puma; en los roedores, la guagua y el ratón de páramo; en marsupiales, la zarigüeya; y en flora, especies características de páramo como frailejones motoso y plateado, cardón, helechilla y lengua de vaca (ver Tabla 5).

Tabla 6. Comparación de reportes con la CAR

Grupo	CAR (general)	Proyecto Chaleche (especies registradas)
Aves	Passeriformes (160 especies) Galliformes (3 especies)	Mirra andina, chamicero, pechirrojo (Passeriformes) Pava andina (Galliformes) Picaflor flauquiblanco, colibrí común
Mamíferos	Carnívoros (13 especies) Roedores (21 especies) Marsupiales (3 especies)	Puma (carnívoro) Guagua, ratón de páramo (roedores) Zarigüeya común (marsupial) Oso andino, venado cola blanca

Grupo	CAR (general)	Proyecto Chaleche (especies registradas)
Anfibios	12 ranas y sapos, 2 salamandras	No se registraron especies en campo
Reptiles	6 lagartos, 18 serpientes	No se registraron especies en campo
Flora	Matorral bajo y alto, rastrojo, bosque secundario, vegetación de páramo	Monteron, frailejón motoso, cardón, helechilla, lengua de vaca, mortiño, musgo blanco, frailejón plateado, entre otros (511 individuos)

Al comparar los resultados de la CAR Cundinamarca con los obtenidos en el predio Chaleche, se observa que ambos coinciden en la presencia de los mismos grupos de fauna y flora típica del área de estudio. No obstante, el estudio realizado por la CAR se desarrolló durante un período de tiempo más prolongado, en una época diferente (seca) y con un área de muestreo más amplia, lo que explica el mayor número de especies identificadas en su informe. Desde una perspectiva ambiental, esta comparación muestra que el muestreo en campo realizado durante la pasantía permitió confirmar y precisar la diversidad presente durante la época lluviosa, evidenciando que el predio conserva buenas condiciones ecológicas y una biodiversidad representativa del páramo.

5.3.3 Actividad 2.3. Análisis de índices ecológicos de diversidad en las especies monitoreadas de flora

El área basal calculada en la parcela de caracterización e inventario es de 0,1241 mts² y el volumen es de 0,1960 mts³. Cabe resaltar que una vez realizada las mediciones dasométricas en la parcela, no se identificaron individuos arbóreos fustales, luego de realizar este inventario se arrojaron los siguientes resultados:

- *Especies identificadas brízales y latizales.*

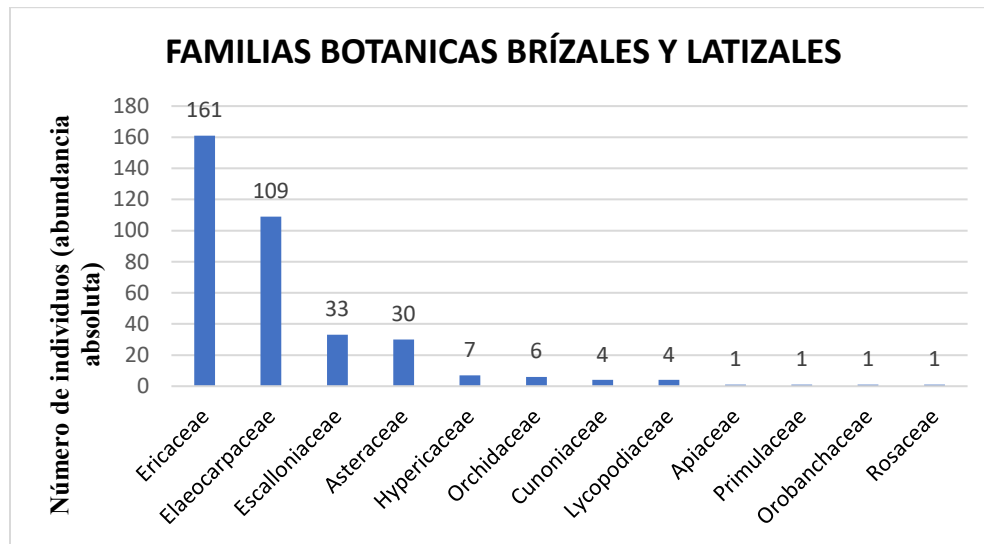
En el estrato de brízales y latizales se registraron 358 individuos pertenecientes a 18 especies. Los índices ecológicos tienen valores de Simpson ($1-D = 0.8447$) y Berger-Parker ($d = 0.3045$), lo que indica una diversidad moderada y una alta dominancia. La especie *Campano* (Ericaceae) fue la más abundante, con cerca del 30 % del total de individuos. Estos resultados sugieren que la vegetación de este estrato se encuentra en una etapa intermedia de recuperación, donde predominan especies pioneras y de rápido crecimiento. En conjunto, esto

refleja que el área se está regenerando de manera progresiva, consolidando su estructura vegetal y avanzando hacia una mayor estabilidad ecológica dentro del predio Chaleche (ver Figura 34).

Figura 34. *Número de individuos por especie de brizales y latizales*

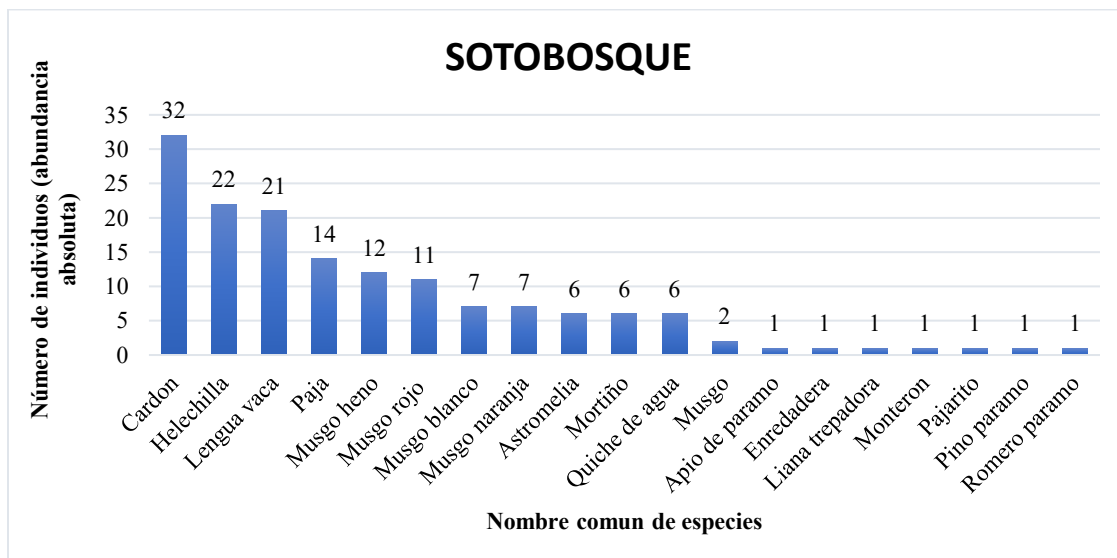


Se registraron 358 individuos pertenecientes a 12 familias botánicas, destacándose Ericaceae y Elaeocarpaceae por su alta representatividad. Escalloniaceae y Asteraceae también presentaron valores relevantes, mientras que las demás familias mostraron bajas abundancias, reflejando una composición dominada por especies propias del matorral altoandino (ver Figura 35).

Figura 35. Familias botánicas para brízales y latizales

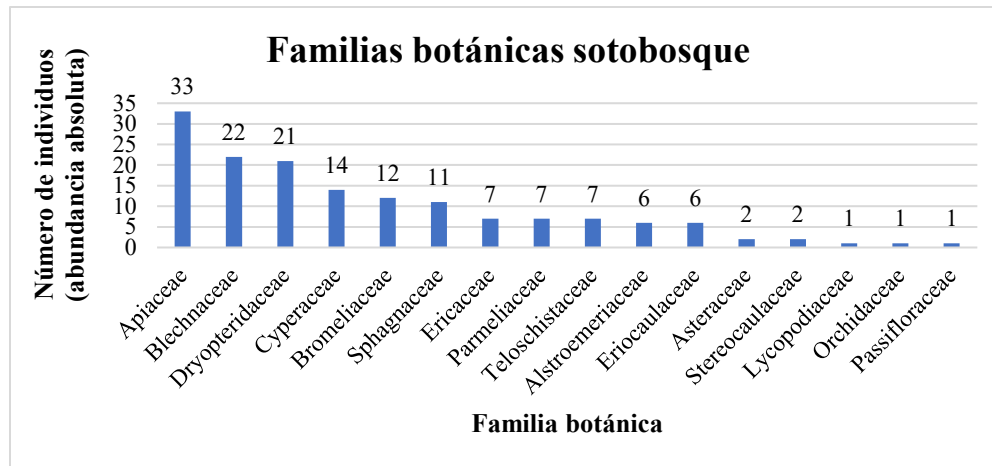
- *Caracterización ecológica y florística sotobosque*

En el sotobosque se identificaron 153 individuos agrupados en 19 especies y 16 familias botánicas. Según los índices de Simpson ($1-D = 0.8878$) y Berger–Parker ($d = 0.2092$), la especie *Eryngium humboldtii* (Cardón) presentó la mayor representación dentro de la comunidad, aunque sin ejercer una dominancia marcada, seguida por *Blechnum loxense* (Helechilla) y *Elaphoglossum* sp. (Lengua de vaca). Los resultados reflejan baja dominancia y alta diversidad, lo que sugiere una estructura vegetal equilibrada y un proceso activo de regeneración natural. (ver Figura 36).

Figura 36 Individuos por especie y su caracterización ecológica sotobosque

En el sotobosque predominó la familia Apiaceae, seguida por Blechnaceae y Dryopteridaceae, reflejando la abundancia de especies herbáceas y helechos propios de ambientes húmedos de páramo (ver Figura 37).

Figura 37 Familias botánicas del sotobosque



Los resultados obtenidos muestran que el sotobosque presenta una comunidad con alta diversidad y baja dominancia, mientras que el estrato de brizales y latizales evidencia una diversidad moderada y una mayor dominancia, características que reflejan diferentes etapas dentro del proceso de regeneración natural. De acuerdo con Sklenar y Ramsay (2001), en los ecosistemas de páramo la diversidad florística y estructural tiende a aumentar a medida que se descende en altitud, debido a que las condiciones ambientales son menos restrictivas y permiten una mayor variedad de especies de flora y fauna. Este patrón coincide con lo observado en el predio Chaleche, donde la diversidad registrada en el sotobosque y la composición representativa de los brizales–latizales evidencian un avance en la recuperación del ecosistema, con comunidades en proceso de estabilización estructural.

Por otra parte, el análisis a nivel de familias botánicas, aunque sin aplicación de índices ecológicos, muestra una composición diversa y equilibrada, lo que sugiere una buena representatividad taxonómica con familias adaptadas a las condiciones propias del páramo. Se emplearon únicamente los índices ecológicos por especies, dado que estos reflejan con mayor precisión la diversidad real y el estado de recuperación del ecosistema. Esto concuerda con lo planteado por Supriatna (2018), quien señala que comunidades con baja dominancia y alta equitatividad reflejan entornos ecológicamente estables y en regeneración.

En conjunto, los resultados indican que el predio Chaleche mantiene condiciones ecológicas favorables, con una vegetación diversa y estructurada que evidencia procesos activos de regeneración y contribuye a la conservación de la cobertura vegetal y la biodiversidad altoandina.

5.4 Fase 3. Intervención restaurativa

5.4.1 Actividad 3.1. Determinación de especies a sembrar

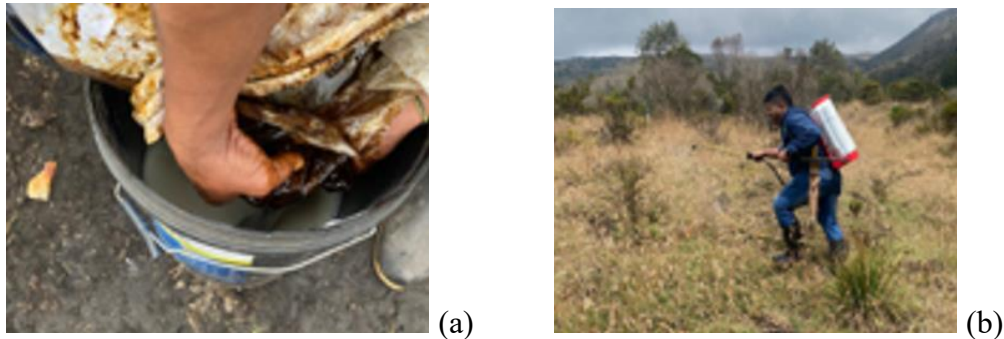
Se decidieron las especies a sembrar en base a la información que dieron los vigías forestales, así como al registro de especies previamente identificadas, logrando una selección de especies nativas del páramo que tengan una buena adaptación y resiliencia. Se presenta una colección de los frailejones encontrados para resaltar su importancia ecológica en el páramo

Figura 38. Variedad de frailejones encontrados



5.4.2 Actividad 3.2. Preparación del suelo con melaza, abono orgánico y Coadyuvante

Este proceso registrado en la ilustración 24, permitió acondicionar el suelo para aumentar la retención de humedad y nutrientes, creando una tierra más adecuada para la supervivencia de las plántulas, especialmente en un páramo donde las condiciones climáticas son exigentes.

Figura 39 *Proceso de preparación del suelo*

Nota. Fotografías. **(a)** Mezcla de abono, melaza y coadyuvante (Pegal Protec). **(b)** Aspersión manual de la mezcla con un cacorro.

5.4.3 *Actividad 3.3. Siembra de especies nativas para la restauración del área priorizada*

- Se sembraron diversas especies nativas seleccionadas por su capacidad de adaptación y aporte ecológico, se observan las ilustraciones en el **Myrcia popayanensis (arrayán)**: especie endémica utilizada en restauración por su rápido crecimiento y frutos que sirven de alimento para aves (Comunicaciones, 2021).
- **Alnus glutinosa (aliso)**: tolera suelos húmedos, fija nitrógeno y favorece el crecimiento de otras plantas (CAR, 2018).
- **Quercus humboldtii (roble)**: regula la oferta hídrica, protege el suelo y captura dióxido de carbono (Corpoboyacá, 2020).
- **Cedrela odorata (cedro amargo)**: se adapta a terrenos degradados y es valiosa por su madera, aunque amenazada por la tala ilegal (Netwoods, 2022).
- **Abatia parviflora (duraznillo)**: crece rápido, regula márgenes hídricas y controla la erosión (Netwoods, 2023).
- **Xylosma spiculifera (corono)**: especie melífera que ayuda a conservar el suelo y controlar la erosión (Corono – Oficina TIC, 2011).
- **Morella pubescens** y **M. parvifolia (laurel de cera)**: protegen fuentes hídricas, mejoran suelos y fijan nitrógeno (Laurel de Cera, 2012).
- **Oreopanax bogotensis (mano de oso)**: atrae fauna y favorece la polinización y dispersión de semillas (Netwoods, 2022b).

Las acciones de restauración y rehabilitación ambiental consistieron en la siembra de 1.847 árboles, destacando especies nativas como Arrayán, Aliso, Roble, Cedro, Duraznillo, Corono, Laurel de cera, Mano de oso y Sauce espino. Esta intervención cubrió un área de aproximadamente 4.4 hectáreas que, al ser conectada con las 24 has de bosque natural ya existentes, estableció un corredor ecológico continuo de 28 hectáreas en total.

Este esfuerzo destaca una ganancia ecológica significativa al asegurar la continuidad del hábitat. La siembra no solo incrementa la cobertura y la complejidad estructural del ecosistema, sino que esta reconexión resulta crucial para la resiliencia del páramo. Específicamente, facilita el movimiento de fauna (como el Oso Andino) y el flujo genético de la flora, asegurando la funcionalidad hídrica y la conservación de la biodiversidad a largo plazo en esta zona prioritaria de la cuenca del Río Bogotá.

Conclusiones

En conclusión, los resultados obtenidos evidencian que las comunidades vegetales presentes en el predio Chaleche se encuentran en un proceso activo de regeneración natural, con una diversidad moderada y niveles variables de dominancia según el estrato: baja en el sotobosque y mayor en los brizales–latizales. Estas condiciones reflejan un equilibrio ecológico progresivo y un avance hacia una mayor estabilidad estructural. La composición florística observada en ambos estratos, junto con la representatividad de familias propias de ecosistemas altoandinos, indica que el área conserva condiciones favorables para la sucesión vegetal y la recuperación de la cobertura nativa. En este sentido, el predio contribuye significativamente a la conservación de la biodiversidad del páramo y al mantenimiento de sus funciones ecológicas, reafirmando su importancia dentro de la dinámica ambiental regional.

La comparación entre los registros de biodiversidad realizados por la CAR Cundinamarca y los obtenidos durante la pasantía en el predio Chaleche evidencia que el área mantiene una biodiversidad representativa y buenas condiciones ecológicas.

Las acciones de restauración lograron una ganancia ecológica clave al establecer un corredor continuo de 28 hectáreas mediante la plantación de 1.847 árboles nativos. Esto garantiza la resiliencia del páramo, facilita el movimiento de fauna (Oso Andino) y asegura la funcionalidad hídrica y la biodiversidad a largo plazo en esta zona prioritaria del Río Bogotá.

Aporte como estudiante

Durante nuestra pasantía en HSE Services de Colombia, tuvimos la oportunidad de aplicar y fortalecer nuestros conocimientos de la carrera, bajo el asesoramiento de profesionales especializados y experimentados. Participamos en el diseño e implementación de parcelas permanentes y en la lectura de 13 cámaras trampa, realización de transectos, toma de datos dasométricos e inventarios florísticos y faunísticos; procesamos y analizamos la información de campo para estimar los índices ecológicos de diversidad.

Esta experiencia nos ayudó a comprender la dinámica social de una empresa enfocada en el ámbito ambiental, donde se aprendió que la sostenibilidad no surge solo de integrar los conocimientos técnicos, sino que también hay que articular la normatividad y contar con la participación de la comunidad.

Además, aprendimos como la compensación ambiental es crucial para poder recuperar todos los ecosistemas que han sido afectados por la actividad humana, y la importancia de analizar el entorno para poder reforestar las especies más benéficas para las especies nativas del lugar y la naturaleza nos pueda seguir ofreciendo los servicios ecosistémicos esenciales.

De igual forma, se entendió que un profesional siempre debe saber adaptarse a cualquier problema que aparezca como las condiciones climáticas del área y las mediaciones entre las comunidades.

Referencias

- Alcaldía Municipal de Fusagasugá. (2011). *Xylosma Spiculifera*. Nombre común. (2011). <https://tic.alcaldiafusagasuga.gov.co/corono/>
- Alpha Cam. (2023). *Especificaciones técnicas*. https://www.trailcampro.com/products/alpha-camera-dual-lens-no-glow?srsId=AfmBOorYwJrIRqSWLZ65u8HMfyaL-3lsfPYzym-GitW4BcZ_309jH25M
- Aronson, J., Blignaut, J. N., Mendez, V., Esler, K. J., de Groot, R. S., Aimé, C., et al. (2007). Restoring natural capital: *Science, business, and practice*. *Ecological Economics*, 64(2), 305–314. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.03.004>
- Banco de Occidente. (2001). *Páramos de Colombia*. I/M Editores. <http://www.imeditores.com/banocc/paramos/>
- Barrera, J. I. (2010). Estrategias de restauración ecológica del bosque alto andino, afectado por diferentes tipos de disturbios, en los alrededores de Bogotá-Colombia [*Tesis doctoral no publicada*], Universidad Autónoma de Barcelona.
- Bessone, M.. (2020). Advantages of camera trapping for detecting cryptic vertebrates and standardizing biodiversity monitoring. *Conservation Science and Practice*.
- BirdLife International. (2016a). *IUCN Red List of Threatened Species: Anisognathus igniventris*. IUCN Red List of Threatened Species. <https://datazone.birdlife.org/species/factsheet/fire-bellied-mountain-tanager-anisognathus-igniventris>
- BirdLife International. (2016b). *IUCN Red List of Threatened Species: Penelope montagnii*. IUCN Red List of Threatened Species. <https://datazone.birdlife.org/species/factsheet/andean-guan-penelope-montagnii>
- BirdLife International. (2016c). *IUCN Red List of Threatened Species: Turdus fuscater*. IUCN Red List of Threatened Species. <https://datazone.birdlife.org/species/factsheet/great-thrush-turdus-fuscater>
- BirdLife International. (2018a). *IUCN Red List of Threatened Species: Asthenes fuliginosa*. IUCN Red List of Threatened Species. <https://datazone.birdlife.org/species/factsheet/white-chinned-thistletail-asthenes-fuliginosa>
- BirdLife International. (2018b). *IUCN Red List of Threatened Species: Diglossa albilatera*. IUCN Red List of Threatened Species. <https://datazone.birdlife.org/species/factsheet/white-sided-flowerpiercer-diglossa-albilatera>

- Cabrera, A., y Ramírez, J. (2014). Modelo de restauración ecológica basado en evidencia, monitoreo continuo y participación comunitaria en ecosistemas andinos. *Revista de Ecología y Conservación Ambiental*, 10(2), 45–67.
- Cabrera, M., y Ramírez, W. (Eds.). (2014). *Restauración ecológica de los páramos de Colombia: Transformación y herramientas para su conservación*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). https://www.researchgate.net/profile/Pj-Isaacs-Cubides/publication/282978000_Restauracion_ecologica_de_los_paramos_de_Colombia_Transformacion_y_herramientas_para_su_conservacion/links/562e60ce08ae04c2aeb5c9ea/Restauracion-ecologica-de-los-paramos-de-Colombia-Transformacion-y-herramientas-para-su-conservacion.pdf
- Cáceres-Martínez, C., Acevedo, A., y González-Maya, J. (2019). *El oso andino y otros mamíferos del PNN Tamá: Una guía ilustrada de los medianos y grandes mamíferos terrestres del área protegida y la importancia del monitoreo del Oso Andino como especie clave*. Ediciones Universidad de Pamplona.
- Cifuentes, L., y López, P. (2021). Recuperación de funciones ecosistémicas en páramos mediante corredores biológicos y regulación hídrica. *Revista Colombiana de Ciencias Ambientales*, 8(1), 78–89.
- Cifuentes, L., y López, R. (2021). Restauración de páramos: Estrategias para la conservación de los ecosistemas de alta montaña. *Revista de Restauración Ecológica*, 22(3), 45–61.
- Cifuentes, M., y López, J. (2021). Servicios ecosistémicos de los páramos y su relevancia para la sostenibilidad hídrica y climática. *Ecosistemas Andinos*, 3(2), 112–128.
- Cochran, W. G. (1977). *Sampling techniques* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Congreso de la República de Colombia. (1993, 22, diciembre). Ley 99 de 1993. *Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 41.146. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297>
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá). (2020, 2 septiembre). *Abraza un árbol, abraza el roble*. <https://www.corpoboyaca.gov.co/noticias/abraza-un-arbol-abraza-el-roble>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), Gast Harders, F., y Díaz, J. M. (Eds.). (2004). *Identificación de especies de fauna y flora amenazadas y listado de especies de aves que cumplen criterios para Áreas Importantes para la Conservación de las Aves*

- (AICAS). CAR; Instituto Humboldt.
<https://www.car.gov.co/uploads/files/5bfc067ddb209.pdf>
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). (2018, 14 febrero). *Tala ilegal de árboles alisos afecta recursos naturales en Sumapaz*.
<https://www.car.gov.co/saladeprensa/tala-ilegal-de-arboles-alisos-afecta-recursos-naturales-en-sumapaz>
- Daily, G. C. (1997). *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington, DC: Island Press
- Delgado Solórzano, G., y Menéndez Chávez, A. (2021). Desarrollo de un programa de educación ambiental sobre la importancia de la zarigüeya (*Didelphis marsupialis*) como controlador biológico en la comunidad Puerto Loor [Tesis de licenciatura, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López"] Repositorio Institucional.
<http://repositorio.esпам.edu.ec/handle/42000/1644>.
- DJI. (2022). *DJI Mini 3 Pro - especificaciones técnicas*. <https://www.dji.com/global/mini-3/specs>
- Emmons, L. (1999). *Mamíferos de los bosques húmedos de América tropical: Una guía de campo* (Primera ed. en español). Editorial F.A.N.
- Etter, A., McAlpine, C., y Seabrook, L. (2017). Drivers of change in Colombian páramos: A socio-ecological approach. *Ecological Indicators*, 78, 48–60.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2010). *Estado de los recursos forestales del mundo 2010*. FAO...
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2010). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010*. FAO. <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/past-assessments/fra-2010/es>
- Franco, R.P., J.O. Rangel-Ch. & G. Lozano-C., (1986). Estudios ecológicos de la cordillera Oriental II. Las comunidades vegetales de los alrededores de la laguna de Chingaza (Cundinamarca). *Caldasia* 15(71-75) 219-248.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9397163&orden=0&info=link>
- GardePro. (2022). *Descripción Cámara A3*. Amazon. <https://www.amazon.com/-/es/transparente-infrarrojo-velocidad-movimiento-impermeable/dp/B0BS2J272S?th=1>
- Garmin. (2022). *GPS Etrex 22x*. <https://www.garmin.com.co/etrex-22x/p?skuId=194>
- Geotop. (2020). *Dron DJI Mini 3 Pro*. <https://geotop.la/producto/drone-dji-mini-3-pro/>

- Glover-Kapfer, P., Wearn, O. R., y Soto-Navarro, C. (2019). Camera trapping: A primer for ecologists. *Conservation Science and Practice*.
- González, L., y Hernández, R. (2019). Participación comunitaria y gestión ambiental en procesos restaurativos en ecosistemas de montaña. *Revista de Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible*, 5(3), 23–41.
- González, M., Hernández, L., y Martínez, A. (2017). *Impacto de las actividades humanas en los páramos colombianos: Consecuencias y perspectivas de restauración*. Fundación Natura.
- González, P., y Hernández, M. (2019). La restauración ecológica y la participación comunitaria en los Andes colombianos. *Ecología Aplicada*, 12(4), 98–115.
- González, R., Gómez, M., y Pérez, J. (2017). Funciones ecológicas del páramo y su importancia para la sostenibilidad regional. *Revista de Biodiversidad y Ecosistemas*, 12(4), 134–150.
- Gunderson, L. (2000). Ecological resilience: In theory and application. *Coenosia*, 2(2), 97–111.
- Heide, A. M. (2010). *Características de los ecosistemas altoandinos de Colombia: clima, suelos y vegetación*.
- Hilty, S. L., y Brown, W. L. (2001). *A Guide to the Birds of Colombia* (2ª ed.). Princeton University Press
- Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.04.110173.000245>
- HSE Services de Colombia SAS. (2023). *Reseña de la empresa*. <https://www.hsecolombia.com/>
- Hutto, R. L., Pletschet, S. M., y Hendricks, P. (1986). A fixed-radius point count method for nonbreeding and breeding-season use. *The Auk*, 103(3), 593-602
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (IDEAM). (2018). *Informe Nacional del Agua*. IDEAM. <https://www.ideam.gov.co/sala-de-prensa/informes/publicacion-jue-23082018-1200>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (IDEAM). (2018). *Ecosistemas acuáticos de alta montaña en Colombia*. IDEAM. https://ideam.gov.co/sites/default/files/transparencia/planeacion/informe_gestion_2013_2018_componente_misional.pdf
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2019). *Reporte de estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia 2019*. <https://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2019/>

- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2019). *El páramo: funciones, amenazas y conservación*. Instituto Humboldt. <https://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2020/cap1/101/>
- International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. (1978). *Threatened Deer: Proceedings of a Working Meeting of the Deer Specialist Group of the Survival Service Commission*. IUCN. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/1978-002.pdf>
- International Union for Conservation of Nature. (2025). *IUCN Red List spatial data standards and mapping resources*. IUCN.
- Kepler, Cameron B. y Scott, J. Michael (1981) "Reducing Bird Count Variability by Training Observers, *Studies in Avian Biology*: 6 366-371. <https://digitalcommons.usf.edu/sab/vol6/iss1/76>
- Laurel de Cera. (2012) *Importancia del Laurel de cera*. Secretaria de Ambiente. <https://www.ambientebogota.gov.co/laurel-de-cera>
- Marantz, S. A., Long, J. A., Webb, S. L., Gee, K. L., Little, A. R., y Demarais, S. (2016). Impacts of human hunting on spatial behavior of white-tailed deer (*Odocoileus virginianus*). *Canadian Journal of Zoology*, 94, 853–861. <https://cdnscepub.com/doi/10.1139/cjz-2016-0125>
- Marinero, N. V., Navarro, J. L., y Martella, M. B. (2017). Does food abundance determine the diet of the Puna Rhea (*Rhea tarapacensis*) in the Austral Puna desert in Argentina? *Emu - Austral Ornithology*, 117(2), 199–206. <https://doi.org/10.1080/01584197.2016.1277762>
- Márquez, A., & Díaz, S. (2017). *Restauración ecológica en páramos colombianos: Experiencias y desafíos*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Martínez-Polanco, M. F. (2011). La biología de la conservación aplicada a la zooarqueología: la sostenibilidad de la cacería del venado cola blanca, *Odocoileus virginianus*, en Aguazuque. *Antípoda: Revista de Antropología y Arqueología*, (13). 99-118. <https://doi.org/10.7440/antipoda13.2011.06>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2012). Resolución 1517. *Por la cual se adopta el Manual para la Asignación de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad*. Diario Oficial No. 48.555. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/col117869.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2018). Estrategia Nacional de Restauración Ecológica: *Plan de acción para la recuperación de ecosistemas degradados*.

- <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos/gestion-en-biodiversidad/restauracion-ecologica>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2019). *Estrategia Nacional de Restauración Ecológica*. MADS
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2021, 22 octubre). *Arrayán, achapo y gualanday, algunas de las especies más sembradas en todo el país*. <https://www.minambiente.gov.co/especies-mas-sembradas-en-todo-el-pais/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. (2024, 26 septiembre). *Páramos*. Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. <https://www.minambiente.gov.co/direccion-de-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/paramos/>
- Morales, A., García, S., y Díaz, P. (2015). *Planes de compensación ambiental en Colombia: Avances y retos para la restauración de ecosistemas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Morales, A., Ruiz, P., y Garcés, A. (2015). Funciones del páramo en la regulación hídrica y su relación con las comunidades humanas. *Revista de Ciencias Ambientales*, 7(2), 89–105.
- Morales, M., Fernández, L., y Torres, S. (2015). La participación comunitaria en procesos de restauración ecológica en ecosistemas de alta montaña. *Revista de Ecología y Desarrollo*, 3(1), 12–27.
- Morales, M., Ocampo, A., y Pabón, A. (2015). Estrategias para la conservación de páramos en Colombia. *Revista Ambiental de Colombia*, 15(1), 22–35.
- Murcia, C., Guariguata, M. R., Andrade, Á., Andrade, G. I., Aronson, J., Escobar, E. M., Etter, A., Moreno, F. H., Ramírez, W., Montes, E., y Silver, W. L. (2016). Challenges and prospects for scaling-up ecological restoration to meet international commitments: Colombia as a case study. *Conservation Letters*, 9(3), 213–220. <https://doi.org/10.1111/conl.12199>
- Netwoods. (2022, 19 abril). *Cedro*. <https://www.reddearboles.org/es-MX/enciclopedia/nwcproduct/11664/Cedro-arbol-nativo>
- Netwoods. (2022b, 19 abril). *Mano de oso*. <https://www.reddearboles.org/es-MX/enciclopedia/nwcproduct/11656/ManodeOso-arbo-nativo>
- Netwoods. (2023, 8 agosto). *Duraznillo (Abatia parviflora)*. <https://www.reddearboles.org/Enciclopedia/nwcproduct/12177/arbol-nativo-duraznillo>

- O'Brien, T. G., y Kinnaird, M. F. (2008). A picture is worth a thousand words: The application of camera trapping to the study of birds. *Bird Conservation International*, S144-S162. doi:10.1017/S0959270908000348
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992). Convenio sobre la Diversidad Biológica. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Río de Janeiro. Naciones Unidas. <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Ortiz, A., y Rodríguez, L. (2015). Impactos de la ganadería en los ecosistemas de páramo y su restauración. *Revista Colombiana de Ciencias Forestales*, 1(2), 45–60.
- Osbahr, K., Ortíz-Montero, J. D., & Pérez-Torres, J. (2007). Amplitud de nicho y selectividad alimentaria del borugo de páramo (*Cuniculus taczanowskii*) en un bosque andino nublado (Zipacón–Cundinamarca). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 10(2). 105-114. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/589>
- Pacheco, J. I., y Zapata, C. (2017). Descripción osteológica del puma andino (*Puma concolor*): I. Esqueleto apendicular. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(4), 1047–1054.
- Pechacek, P., Li, G., Li, J., Wang, W., Wu, X., y Xu, J. (2013). Compensation payments for downsides generated by protected areas. *Ambio*, 42(1), 90–99. <https://doi.org/10.1007/s13280-012-0330-1>
- Planeación Ecológica y Ecoforest. (2007). *Elaboración del diagnóstico, prospectiva y formulación de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá Subcuenca Río Bogotá sector Sisga-Tibitoc – 2120-16*. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac25f2d8bf5c.pdf>
- Pyle, P. (1997). *Identification Guide to North American Birds. Part I: Columbidae to Ploceidae*. Slate Creek Press
- Ralph, C. J., Sauer, J. R., y Droege, S. (1995). *Monitoring bird populations by point counts*. U.S. Forest Service General Technical Report PSW-GTR-149. https://www.fs.usda.gov/psw/publications/documents/psw_gtr149/psw_gtr149.pdf
- Ramírez Huila, W., y Ayoví Garces, N. E. (2022). Estructura y composición arbórea de la floresta seca tropical no vale Sancán, Manabí, Ecuador. *CFores Revista Cubana de Ciencias Forestales*. 10(2). 169-181. <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/748/html>

- Renjifo, L. M., Amaya, J., Rojas-Soto, O., Sánchez, J. N., y García-R., G. (2014). *Libro Rojo de Aves de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
- Roldán, E., & Ramírez, O. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente
- SER International (2004). *The SER International Primer on Ecological Restoration*. Tucson, AZ: Society for Ecological Restoration
- Shimamoto CY, Padiá AA, da Rosa CM, Marques MCM (2018) Restoration of ecosystem services in tropical forests: A global meta-analysis. *PLoS ONE* 13(12): e0208523. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208523>
- Sklenář, P., y Ramsay, P. M. (2001). Diversity of zonal páramo plant communities in Ecuador. *Diversity and Distributions*, 7(3), 113-124. https://www.researchgate.net/publication/227706462_Diversity_of_zonal_paramo_plant_communities_in_Ecuador
- Smith, W. P. (1991). *Odocoileus virginianus*. *Mammalian Species*, 388, 1–13. <https://doi.org/10.2307/3504281>
- SpyPoint. (2021). *Descripción de la cámara*. <https://www.amazon.com/-/es/SPYPOINT-FORCE-PRO-rastreo-detecci%C3%B3n-pantalla/dp/B08SJ6S31N>
- Stiles Hurd, F. G. y Rosselli, L. (1998). Inventario de las aves de un bosque altoandino: comparación de dos métodos. *Caldasia*, 20(1), 29–43. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/17468>
- Stiles, F.G. y A.F. Skutch. (1989). *A Guide to the Birds of Costa Rica*. Ithaca, University Press. ix+ 511 pp.
- Sun, L., Lu, W., Yang, Q., Delgado Martín, J., & Li, D. (2013). Ecological compensation estimation of soil and water conservation based on cost-benefit analysis. *Water Resources Management*, 27, 2709–2727. <https://doi.org/10.1007/s11269-013-0268-5>
- Supriatna, J. (2018). Biodiversity indexes: Value and evaluation purposes. *E3S Web of Conferences*, 48, 01001. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2018/23/e3sconf_iwgm2018_01001/e3sconf_iwgm2018_01001.html

- Vallejo, M. I., y Gómez, D. I. (2017). Marco conceptual para el monitoreo de la biodiversidad en Colombia. *Biodiversidad En La Práctica*, 2, 1–47. <https://revistas.humboldt.org.co/index.php/BEP/article/view/426>
- Van der Hammen, T. (1974). The Pleistocene changes of vegetation and climate in tropical South America. *Journal of Biogeography*, 1(1), 3–26. <https://www.jstor.org/stable/3038066>
- Van der Hammen, T., & Hooghiemstra, H. (2000). Neogene and Quaternary history of vegetation, climate, and plant diversity in Amazonia. *Quaternary Science Reviews*, 19, 725–742. [https://doi.org/10.1016/S0277-3791\(99\)00024-4](https://doi.org/10.1016/S0277-3791(99)00024-4)
- Velez-Liendo, X., Ruiz-García, M., Jackson, D y Casgellanos, A.. (2016). *Andean Bear (Tremarctos ornatus)*. En. *Bears of the World* (pp.78-87). <https://doi.org/10.1017/9781108692571.008>
- Viscarra, María Estela, Ayala, Guido Marcos, Ticona, Herminio, & Wallace, Robert Benedict. (2022). Relative abundance and activity patterns of mesomammals in central Andes. *Therya*, 13(3), 265-275. 2022.<https://doi.org/10.12933/therya-22-1175>
- Walters, C. J. (1986). *Adaptive management of renewable resources*. Macmillan Publishing
- Wearn, O. R., & Glover-Kapfer, P. (2017). Camera trapping for conservation: a guide to best practices. *Tropical Conservation Science*, 10, 1-29. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23409.17767>
- Wieczorek J, Bloom D, Guralnick R, Blum S, Döring M, Giovanni R, et al. (2012) Darwin Core: An Evolving Community-Developed Biodiversity Data Standard. *PLoS ONE* 7(1): e29715. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029715>
- Young, K. R., Ulloa-Ulloa, C., Luteyn, J. L., y Knapp, S. (2002). Plant evolution and endemism in Andean South America: An introduction. *The Botanical Review*, 68(3)., 424–424. [https://doi.org/10.1663/0006-8101\(2002\)068\[0424:E\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1663/0006-8101(2002)068[0424:E]2.0.CO;2)

Anexos

Anexo 1 Equipos instalados y sitios iniciales

ITEM	EQUIPO	NOMBRE DEL PUNTO	COORDENADA	
			LATITUD	LONGITUD
1	Cámara Trampa marca Gardepro Modelo A3	Altonegro (3.446 msnm)	4°57'11.22"N	73°43'29.34"O
2	Cámara Trampa Marca Alpha Cam Modelo Dual Lens No Glow	Lagunetas	4°57'13.20"N	73°43'46.20"O
3	Cámara Trampa Marca Spy Point Modelo Force Pro Resolución foto 30 mpx	Monterrana	4°57'37.50"N	73°43'53.88"O
4	Cámara Trampa Marca Alpha Cam Modelo Dual Lens No Glow	Las Moyas	4°57'53.10"N	73°43'16.90"O
5	Cámara Trampa Marca Alpha Cam Modelo Dual Lens No Glow	Arracachal	4°57'47.10"N	73°42'55.60"O
6	Cámara Trampa Marca Alpha Cam Modelo Dual Lens No Glow	Arracachal Alto	4°57'43.70"N	73°42'36.40"O
7	Cámara Trampa marca Gardepro Modelo A3	Pan de Azúcar	4°57'0.07"N	73°43'15.80"O
8	Cámara Trampa marca Gardepro Modelo A3	Cuchilla de los Valientes	4°57'1.20"N	73°42'58.16"O
9	Cámara Trampa marca Gardepro Modelo A3	Aleta de Tiburón	4°57'32.40"N	73°42'29.10"O






Nota. Tabla de autoría propia, se recopila la información pertinente de los puntos de cámara trampa.

Anexo 2 Vuelo con Dron en Sesquilé

<https://1drv.ms/f/s!AmAX9RouWjtsGaBh1vt3HJFLE933pg?e=zG3dTU>

Nota. Abrir el enlace directamente en el navegador de búsqueda.

Anexo 3 Equipos utilizados en la pasantía

Equipo	Descripción resumida	Imagen
Dron DJI Mini 3 Pro	Dron ultraligero (<249 g) con cámara CMOS 1/1.3" de 48 MP, sistema APAS 4.0 para evitar obstáculos y altura operativa de hasta 4.000 m (Geotop, 2020; DJI, 2022)	Figura 40. Dron DJI Mini 3 Pro 
Navegador GPS Garmin eTrex Serie	Dispositivo portátil con pantalla a color de 2,2", mapas TopoActive precargados, compatibilidad con GPS y GLONASS, y batería de hasta 25 h (Garmin, 2022)	Figura 41. Garmin eTrex Serie navegador GPS 
Cámaras trampa: GardePro A3	Cámara con video 1296p y fotos de 48 MP, equipada con flash nocturno de 30 m de alcance (GardePro, 2022)	Figura 42. GardePro A3 
AlphaCam Dual Lens No Glow	Cámara de doble lente con velocidad de disparo de 0.3 s, fotos de 30 MP y video 1080p con larga duración de batería (AlphaCam, 2023)	Figura 43. AlphaCam Dual Lens No Glow 
Spypoint Force Pro	Cámara trampa con detección de 110 pies, imágenes de 30 MP y grabación en calidad 4K (SpyPoint, 2021)	Figura 44. Spypoint Force Pro 

Anexo 4 Registro fotográfico de especies reforestadas

Ilustración 42 *Especies reforestadas*



Ilustración 43 *Especies reforestadas*



Ilustración 44 *Especies reforestadas*



ilustración 45 *Especies reforestadas*



Ilustración 46 *Revisión del cultivo*



Ilustración 47 *Especies reforestadas*

