PARQUES NACIONALES
NATURALES DE COLOMBIA

Proagua







Fuente: CVC, 2024. Estación Concha Juanchito

REALIZAR LA CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES FLORA, AVES, MAMÍFEROS Y CALIDAD DE AGUA, EN EL PÁRAMO DE LA SUBCUENCA PANCE, DEL PARQUE NACIONAL NATURAL FARALLONES DE CALI, ESPECIALMENTE EN RELACIÓN EN LOS ECOSISTEMAS ANDINOS Y DE PÁRAMO, EN EL MARCO DE LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS DEL SINAP NACIONAL

DOCUMENTO FINAL

DICIEMBRE DE 2025

Contrato FONAM 002 de 2025

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 7
2. PRESENTACIÓN 8
3. METODOLOGÍA 9
3.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE ESTUDIOS PREVIOS SOBRE CARACTERIZACIONES BIOLÓGICAS DEL PÁRAMO DEL PNN FARALLONES DE CALI Y DE PA□RAMOS PRESENTES EN LA CORDILLERA OCCIDENTAL 9
3.2. CARACTERIZACIONES BIOLÓGICAS DEL PA□RAMO DEL PNN FARALLONES DE CALI Y DE PA□RAMOS PRESENTES EN LA CORDILLERA OCCIDENTAL 10
3.3. FLORA 10
3.3.1. Tamaño de las parcelas 11
3.3.2. Toma de muestras botánicas 12
3.4. AVES 13
3.4.1. Identificación de especies y curaduría 15
3.5. MAMIFEROS 16
3.6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN 19
3.6.1. Composición, estructura y riqueza de especies 19
3.6.2. Diversidad alfa (α) 19
3.6.3. Diversidad beta (β) 19
3.6.4. Análisis estructural (aplicable a vegetación) 20
3.6.5. Análisis de la estructura trófica (aves y mamíferos) 20
3.6.6. Especies migratorias, endémicas, amenazadas y de valor comercial 20
3.6.7. Análisis comparativo 21
3.7. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS CUERPOS LÉNTICOS Y LÓTICOS PRESENTES EN EL PÁRAMO DE LA SUBCUENCA PANCE EN EL PNN FARALLONES DE CALI 21
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 22
4.1. FLORA 22
4.1.1. Revisión Bibliográfica de Estudios Previos 22
4.1.2. Trabajo de campo 24

4.1.3. Arbustales: Composición florística de la Regeneración Natural Arbustales ... 26
4.1.3.1. Indicadores de la estructura horizontal ... 34
4.1.3.2. Dominancia relativa ... 37
4.1.3.3. Frecuencia relativa ... 40
4.1.3.4. Índice de valor de importancia (IVI) ... 43
4.1.3.5. Representatividad del muestreo ... 46
4.1.3.6. Análisis de diversidad alfa ... 47
4.1.4. Herbazales: Composición florística de la Regeneración Natural Herbazales . 49
4.1.4.1. Indicadores de la estructura horizontal ... 54
4.1.4.2. Dominancia relativa ... 57
4.1.4.3. Frecuencia relativa ... 60
4.1.4.4. Índice de valor de importancia (IVI) ... 64
4.1.4.5. Representatividad del muestreo ... 67
4.1.4.6. Análisis de diversidad alfa ... 68
4.1.5. Análisis de diversidad beta ... 70
4.1.6. Especies importantes para la conservación ... 71
4.1.7. Análisis comparativo ... 72
4.1.8. Conclusiones y recomendaciones flora ... 73
4.2. AVES ... 74
4.2.1. Revisión bibliográfica ... 74
4.2.2. Trabajo de campo ... 76
4.2.2.1. Estructura y composición de avifauna ... 79
4.2.2.2. Representatividad del muestreo ... 82
4.2.2.8. Conclusiones y recomendaciones avifauna ... 92
4.3. MAMÍFEROS ... 93
4.3.1. Revisión bibliográfica ... 93
4.3.2. Trabajo de campo ... 94
4.3.2.1. Composición, estructura y riqueza de especies ... 97
4.3.3. Especies importantes para la conservación ... 101
4.3.4. Análisis comparativo ... 103

4.3.5. Conclusiones y recomendaciones mastofauna 104
4.4. EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA 105
4.4.1. Toma de muestras y medición de parámetros fisicoquímicos..... 105
4.4.2. Aspectos generales..... 107
4.4.3. Parámetros fisicoquímicos in situ. 108
4.4.4. Análisis de laboratorio..... 109
4.4.4.1. Coliformes fecales y totales 109
4.4.4.2. Metales, Nitrógeno, Fosforo y Potasio..... 111
4.4.4.3. Conclusiones y recomendaciones 111
5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍCAS.....112

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación espacial de las parcelas de Flora. 24
Tabla 2. Caracterización florística para la regeneración natural en la cobertura de arbustal 29
Tabla 3.Volumen total para la Regeneración natural en la cobertura de Arbustal 31
Tabla 4. Abundancia obtenida para la Regeneración natural en la cobertura de Arbustal. 34
Tabla 5. Dominancia para la Regeneración natural para la cobertura de Arbustal 37
Tabla 6. Frecuencia para la Regeneración natural en Arbustal 41
Tabla 7. IVI obtenido para la Regeneración Natural en la cobertura Arbustal 43
Tabla 8. Relación de los índices de acumulación de especies para la cobertura Arbustal .. 47
Tabla 9. Índices de diversidad estimados. 48
Tabla 10. Coeficiente de Mezcla para la Cobertura Arbustal 48
Tabla 11. Caracterización Florística para la Regeneración natural en la cobertura de Herbazal..... 51
Tabla 12.Volumen total para la Regeneración natural en la cobertura de Arbustal 52
Tabla 13. Abundancia obtenida para la Regeneración natural en la cobertura de Herbazal 55
Tabla 14. Dominancia para la Regeneración natural para la cobertura de Herbazal..... 58
Tabla 15. Frecuencia para la Regeneración natural en Herbazal..... 62
Tabla 16. IVI obtenido para la Regeneración Natural en la cobertura Herbazal..... 64
Tabla 17. Relación de los índices de acumulación de especies para la cobertura Herbazal 68
Tabla 18. Índices de diversidad estimados para los Herbazales. 69
Tabla 19. Coeficiente de Mezcla para la Cobertura Herbazal..... 70
Tabla 20. Especies importantes para la conservación..... 72

Tabla 21. Ubicación de los puntos de muestreo de aves. 76
Tabla 22. Aves encontradas en las diferentes coberturas del área de estudio. 81
Tabla 23. Relación de los índices de acumulación de especies para la cobertura Arbustal. 83
Tabla 24. Relación de los índices de acumulación de especies para la cobertura Herbazal 84
Tabla 25. Índices de diversidad estimados para la comunidad de aves en las coberturas presentes en el área de estudio. 85
Tabla 26. Especies de aves prioritarias de conservación. 90
Tabla 27. Ubicación de los puntos de muestreo de mamíferos 95
Tabla 28. Especies de mamíferos prioritarias de conservación 103
Tabla 29. Información general puntos de muestreo para la evaluación de calidad de agua en dos fuentes hídricas de Pico Pance en el PNN Los Farallones de Cali 108
Tabla 30. Parámetros fisicoquímicos medidos in situ para los sistemas hídricos monitoreados en Pico Pance.....108
Tabla 31. Resultados de coliformes totales y fecales para la laguna y la quebrada El Pato monitoreadas en Pico Pance.....110
Tabla 32. Valores obtenidos para la medición de nutrientes, arsénico, cianuro y mercurio en las fuentes hídricas de Pico Pance 111

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de las parcelas en su interior para los levantamientos de vegetación en cada transecto altitudinal dispuesto para la zona de transición de Bosque Altoandino – Páramo. Fuente: Tomado de Marín et al. 2014..... 11
Figura 2. Representación gráfica en escala de colores donde la tonalidad está asociada a la cantidad de energía de las señales acústicas; así, los colores más intensos indicarán mayor potencia o concentración de frecuencias..... 15
Figura 3. Ubicación espacial del primer bloque de parcelas de Flora 25
Figura 4 . Ubicación espacial del segundo bloque de parcelas de Flora 25
Figura 5. Ubicación espacial del tercer bloque de parcelas de Flora 26
Figura 6. Composición por familias de la regeneración en la cobertura de Arbustal..... 29
Figura 7. Volumen total para la Regeneración natural en la cobertura de Arbustal 33
Figura 8. Abundancia obtenida para la Regeneración natural en la cobertura de Arbustal36
Figura 9. Dominancia para la Regeneración natural para la cobertura de Arbustal 39
Figura 10. Frecuencia para la Regeneración natural en Arbustal..... 42
Figura 11. IVI obtenido para la Regeneración Natural en la cobertura Arbustal..... 45
Figura 12. Curva de acumulación de especies – Flora Arbustal..... 47
Figura 13. Composición por familias de la regeneración en la cobertura de Herbazal..... 49
Figura 14. Volumen total para la Regeneración natural en la cobertura de Arbustal 54

Figura 15. Abundancia obtenida para la Regeneración natural en la cobertura de Herbazal 57
Figura 16. Dominancia para la Regeneración natural para la cobertura de Herbazal 60
Figura 17. Frecuencia para la Regeneración natural en Herbazal 63
Figura 18. IVI obtenido para la Regeneración Natural en la cobertura Herbazal 66
Figura 19. Curva de acumulación de especies – Flora Herbazal 68
Figura 20. Cluster basado en el índice de Jaccard para las coberturas de Herbazal y Arbustal 71
Figura 21. Ubicación de las observaciones de aves en el primer bloque de muestreo 77
Figura 22. Ubicación de las observaciones de aves en el segundo bloque de muestreo..... 78
Figura 23. Ubicación de las observaciones de aves en el tercer bloque de muestreo..... 78
Figura 24. Abundancia de aves registrados en las diferentes coberturas. 81
Figura 25. Curva de acumulación de especies – Aves Arbustal 83
Figura 26. Curva de acumulación de especies – Aves Herbazal 84
Figura 27. Índice de Shannon para aves de acuerdo con la cobertura. 86
Figura 28. Análisis de similitud para comunidad de aves 87
Figura 29. Porcentaje del número de especies de aves por gremio trófico registradas. 89
Figura 30. Ubicación de las observaciones de mamíferos en el primer bloque de muestreo. 95
Figura 31. Ubicación de las observaciones de mamíferos en el segundo bloque de muestreo. 96
Figura 32 Ubicación de las observaciones de mamíferos en el tercer bloque de muestreo. 97
Figura 33. Mamíferos registrados durante el muestreo. A) Dicotyles tajacu, B) Sylvilagus fulvescens, C) heces de Tremarctos ornatus, D) huella Lycalopex culpaeus, E) huella de Puma concolor y F) Andinocervus rufinus, ... 98
Figura 34. Laguna y quebrada El pato monitoreadas en Pico Pance 106
Figura 35. Proceso de medición de los parámetros fisicoquímicos utilizando la sonda multiparamétrica HANNA H198194.....106
Figura 36. Fotografías del proceso de toma de muestras de agua 107

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1. Localización de parcelas en zonas de herbazal y arbustal..... 10
Foto 2. Equipos y métodos para el monitoreo de aves..... 14
Foto 3. Cámaras para monitoreo de mamíferos..... 18
Foto 4. Gaiadendron punctatum..... 40
Foto 5. Gentianella corymbosa..... 50
Foto 6. (A) Diplostephium eriophorum - (B) Hypericum cf. juniperinu 61
Foto 7. (A) Diglossa lafresnayii - (B) Anisognathus lacrymosus 80

1. INTRODUCCIÓN

Los páramos de la Cordillera Occidental de Colombia constituyen uno de los complejos de alta montaña menos extendidos y estudiados en el país, concentrándose principalmente en sectores aislados y de difícil acceso (Morales M. *et al.* 2007) Entre los complejos mejor reconocidos y con mayor cantidad de información disponible se pueden identificar al menos 7 sistemas paramunos a lo largo de la cordillera Occidental, concentrados principalmente en los departamentos de Antioquia, Valle del Cauca y Cauca (Morales M. *et al.* 2007).

El páramo de Frontino ubicado al noroccidente del departamento de Antioquia (cerca al PNN Las Orquídeas), es uno de los más extensos del sistema (Morales M. *et al.* 2007); el PNN Paramillo, ubicado al norte del departamento de Antioquia, en límites con el departamento de Córdoba, el páramo del Sol o Farallones de Citará, en límites entre Antioquia y Chocó; el Páramo del Duende ubicado en límites entre el Valle del Cauca y Chocó, PNN Tatamá ubicado entre los departamentos de Risaralda, Chocó y Valle del Cauca, el PNN Farallones de Cali ubicado al suroccidente del Valle del Cauca y finalmente Cerro Plateado en el departamento del Cauca.

A diferencia de los sistemas paramunos existentes en las cordilleras Central y Oriental, los páramos occidentales son reducidos y fragmentados, lo que ha limitado el desarrollo de investigaciones ecológicas y biológicas a lo largo del tiempo (Morales M. *et al.* 2007). La literatura disponible evidencia que la mayoría de los estudios en estos páramos corresponden a inventarios puntuales de flora y fauna, conformados principalmente por registros aislados de aves y mamíferos, además de caracterizaciones generales dentro de diagnósticos ambientales o fichas de áreas protegidas (Rangel-Churio & Pinto-Zárate, 2012).

En consecuencia, el conocimiento sobre su biodiversidad y características asociadas es aún escaso y aislado. Sin embargo, es importante destacar que recientemente el interés por los ecosistemas altoandinos de la cordillera Occidental se ha incrementado, llevándose a cabo trabajos de investigación como los inventarios del Páramo del Duende, las evaluaciones ecológicas del complejo Frontino–Urrao y el proyecto "una isla entre nubes" en el PNN Farallones de Cali encabezado por la universidad Javeriana Cali, Universidad del Valle y Parques Nacionales Naturales de Colombia. Este tipo de iniciativas contribuyen en el estado del conocimiento en torno a la biodiversidad que habita en los páramos occidentales, resaltando la importancia ecológica y la singularidad biogeográfica de estos ecosistemas altoandinos (Urrutia, 2017).

2. PRESENTACIÓN

Para avanzar en el conocimiento de los Farallones de Cali, PARQUES NACIONALES NATURALES por medio de la DIRECCION TERRITORIAL PACIFICO, realizó a finales del año 2025 el proceso de contratación pública de una consultoría con el fin de Caracterizar la estructura y composición del Páramo de la subcuenca Pance en el PNN Farallones de Cali en los componentes flora, aves y mamíferos, incluyendo la Determinación de calidad de agua en sistemas loticos y lenticos presentes en el Páramo del PNN Farallones de Cali.

El estudio debió incluir la revisión bibliográfica de estudios previos sobre caracterizaciones biológicas del páramo, el diseño metodológico a emplear para el muestreo de flora, aves y mamíferos, la ejecución de salidas de campo para el muestreo, el análisis de la información recolectada en campo para determinar la composición y estructura de la flora y fauna priorizada (aves, mamíferos), el muestreo de calidad de agua en sistemas lóticos y lénticos y el análisis de la información incluyendo los parámetros de mercurio, arsénico, coliformes totales y coliformes fecales, entre otros y finalmente la socialización de resultados de investigación al equipo del PNN Farallones de Cali.

La salida de campo dio inicio el martes 9 de diciembre de 2025, en horas de la noche, con el desplazamiento del equipo hacia el sitio conocido como Pato Pance. El ascenso al páramo se realizó el miércoles 10 de diciembre de 2025 a las 3:00 a.m., permitiendo el establecimiento oportuno del campamento y el inicio de las actividades de muestreo. Las labores de campo se desarrollaron de manera continua y se previó que finalizaran el miércoles 17 de diciembre de 2025, completando un esfuerzo total de siete días de trabajo en el Páramo de la subcuenca del río Pance, dentro del Parque Nacional Natural Farallones de Cali.

En el componente de flora, las parcelas fueron ubicadas de manera estratégica para representar la heterogeneidad de las coberturas no arbóreas presentes en la zona, permitiendo registrar información detallada sobre la estructura vertical, la composición florística, los estratos de vegetación, variables morfométricas de los individuos, estado fenológico y cobertura, así como parámetros ambientales asociados. Estos datos constituyen la base para la posterior elaboración de perfiles verticales y el análisis de la transición bosque altoandino–páramo.

De manera complementaria, se realizaron los muestreos de aves y mamíferos siguiendo la metodología previamente propuesta, incluyendo recorridos de observación, instalación de trampas cámara y dispositivos de monitoreo acústico (Audiomoth). La información derivada de estos métodos es procesada y analizada cuando se realizó la recuperación de los dispositivos y la descarga de los registros. Se contó por tanto con una base de datos

robusta para el análisis posterior de la biodiversidad vegetal y faunística del páramo evaluado.

En el presente documento se consolidan los resultados de la consultoría llevada a cabo por la Fundación Proagua, como ejecutora del contrato FONAN 002 de 2025.

3. METODOLOGÍA

3.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE ESTUDIOS PREVIOS SOBRE CARACTERIZACIONES BIOLÓGICAS DEL PÁRAMO DEL PNN FARALLONES DE CALI Y DE PA□RAMOS PRESENTES EN LA CORDILLERA OCCIDENTAL

Se realizó una revisión bibliográfica sistemática y exhaustiva, orientada a compilar, evaluar y sintetizar el estado del conocimiento disponible sobre la composición y distribución de mamíferos, aves y flora en los páramos del Parque Nacional Natural Farallones de Cali y en general, en los páramos de la Cordillera Occidental de Colombia.

La búsqueda de información se llevó a cabo durante noviembre y diciembre de 2025, mediante consultas estructuradas en Google Scholar y en bases de datos académicas y repositorios de datos abiertos de reconocido rigor científico, entre los que se incluyeron Scopus, GBIF, Web of Science, JSTOR, ResearchGate, Elsevier, Nature, Springer Link y Wiley Online Library, entre otros. Adicionalmente, se revisaron informes técnicos, documentos institucionales y literatura gris relevante para el contexto regional.

Se emplearon combinaciones de palabras clave en español e inglés asociadas a los términos: "páramo", "cordillera Occidental", "PNN Farallones de Cali", "alta montaña", "biodiversidad", "mamíferos", "aves" y "flora", priorizando estudios con enfoques ecológicos, biogeográficos y de conservación, así como aquellos que aportaran información primaria o síntesis relevantes para ecosistemas de alta montaña.

Los criterios de selección incluyeron la pertinencia geográfica, la calidad metodológica, la actualidad de la información y la relevancia temática para la caracterización biológica de los páramos. Como resultado de este proceso, se identificaron aproximadamente 30 publicaciones clave, entre artículos científicos, informes técnicos y capítulos de libro, las cuales constituyen la base para la síntesis, el análisis comparativo y la interpretación presentados en este documento. Se debe mencionar, que se incluye alguna información parcial del proyecto "Una isla entre nubes" pero no los resultados finales de este estudio.

3.2. CARACTERIZACIONES BIOLÓGICAS DEL PA□RAMO DEL PNN FARALLONES DE CALI Y DE PA□RAMOS PRESENTES EN LA CORDILLERA OCCIDENTAL

3.3. FLORA

El muestreo se llevó a cabo en el Páramo de la subcuenca Pance, del Parque Nacional Natural Farallones de Cali, durante una salida de 7 días. El estudio se basó en los lineamientos de la propuesta metodológica de Marín et al. (2014), realizando ajustes relacionados con el contexto de las áreas de trabajo (Foto 1). El muestreo se enfocó exclusivamente en coberturas no arbóreas correspondientes a arbustales y herbazales de páramo, dado que los resultados reportados en el presente estudio corresponden únicamente a procesos de regeneración natural en estas coberturas.

Para estimar la diversidad florística, se utilizó método de muestreo de selección preferencial de áreas para diferentes tipos de formaciones vegetales de Arbustales de Páramo y Páramo, en el que se elaboraron tal número de estaciones altitudinales cubriendo la variabilidad orográfica y topográfica de la zona de estudio, con el propósito de conocer la diversidad que presentan las formaciones vegetales del Páramo. En los casos donde hubo poca representación de los tipos de cobertura vegetal no arbórea, es decir que donde predominan asociaciones vegetales propias del ecosistema de páramo, como pajonales, chuscales y matorrales (Sarmiento et al. 2013) es estrecha, no se acogió el protocolo completo de parcelas, priorizando la consistencia metodológica y la comparabilidad de los datos analizados..



Foto 1. Localización de parcelas en zonas de herbazal y arbustal

Fuente: Equipo Proagua - 2025

En cada estación de muestreo se establecieron parcelas seleccionadas de manera estratégica, manteniendo entre ellas una distancia aproximada de 30 metros (Figura 1). La selección de estas parcelas se realizó de forma que tanto las estaciones como sus réplicas internas presentaran condiciones similares de exposición orográfica. Esta precaución fue fundamental, ya que variaciones en la radiación incidente asociadas a diferencias en la orientación de las laderas podía influir significativamente en la dinámica del límite superior del bosque en los Andes tropicales, tal como lo señalan Bader *et al*., (2007). Con esta distribución se buscó minimizar fuentes de variabilidad no controladas y garantizar la comparabilidad entre las unidades de muestreo propuestas.

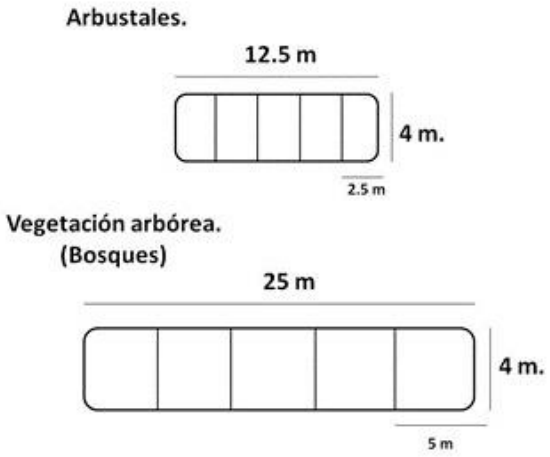


Figura 1. Esquema de las parcelas en su interior para los levantamientos de vegetación en cada transecto altitudinal dispuesto para la zona de transición de Bosque Altoandino – Páramo.

Fuente: Tomado de Marín et al. 2014.

3.3.1. Tamaño de las parcelas

Para el establecimiento de las parcelas dentro de las estaciones de muestreo se siguió la propuesta metodológica de Marín et al. (2014) adaptada a las condiciones reales de muestreo del presente estudio, quienes recomiendan definir el área de muestreo de acuerdo con la formación vegetal. En este sentido, para los arbustales y herbazales, se establecieron con dimensiones de 4m × 12,5m (50 m²), subdivididas en cinco subparcelas de 4m × 2,5m (Figura 1). Esta diferenciación permitió adecuar el tamaño de las unidades de muestreo a la estructura y densidad propias de cada formación vegetal. Esta diferenciación permitió adecuar el tamaño de las unidades de muestreo a la estructura, densidad y fisonomía propias de la vegetación no arbórea de páramo, garantizando la representatividad de los datos obtenidos.

En cada parcela se midió el ángulo de pendiente conforme a la metodología propuesta por Lozano et al. (2009), con el propósito de incorporar la variabilidad topográfica como variable ambiental relevante. Para la caracterización vertical de la vegetación se empleó el esquema de estratificación definido por Rangel & Lozano (1986), citado en Villarreal et al. (2006), que clasifica la vegetación en los siguientes estratos según su altura total: rasante (<0,3 m), herbáceo (0,3–1,5 m), arbustivo (1,5–5 m), subarbóreo (5–12 m), arbóreo inferior (12–25 m) y arbóreo superior (>25 m). Este sistema permite describir la estructura vertical de la vegetación en cada unidad muestreada.

En los arbustales de páramo se registró, para cada morfoespecie con un diámetro basal ≥ 2 cm medido a 30 cm del suelo, las siguientes variables: altura total del individuo, altura a la primera ramificación (en el caso de árboles), ubicación dentro del estrato correspondiente (árbol, arbusto, roseta, hierba, epífita), estado fenológico y cobertura de copa. Esta última estimada siguiendo la fórmula propuesta por Rangel & Velásquez (1997):

$$C = 1/2\ (D_1 \times D_2)$$, *donde* D_1 *es el diámetro mayor y* D_2 *el diámetro menor de la copa.*

En los herbazales, dominados por individuos de porte herbáceo, pero donde pueden encontrarse arbustos se registraron las mismas variables utilizadas para arbustales cuando la individualización de los organismos lo permitió. Sin embargo, en el caso de especies con crecimiento clonal, macollas u otros individuos de difícil delimitación, se registró la información de manera agregada, incluyendo: altura total, cobertura de copa, porcentaje de cobertura dentro de cada subparcela, forma de crecimiento y estado fenológico.

3.3.2. Toma de muestras botánicas

Se recolectaron únicamente quince ejemplares fértiles, correspondientes a aquellas especies o morfoespecies que no pudieron ser identificadas de manera confiable en campo. La recolección, prensado, secado y rotulado del material botánico se realizó siguiendo los protocolos estandarizados para su incorporación en el Herbario de la Universidad del Valle, con el fin de respaldar el proceso de determinación taxonómica. Sin embargo, debido a que el Herbario de la Universidad del Valle se encontraba en período de receso institucional durante la época decembrina, no fue posible realizar la entrega inmediata del material recolectado.

Aunque se intentó conservar adecuadamente los ejemplares recolectados, las variaciones de temperatura, la prolongación del tiempo de almacenamiento y la ausencia de un tratamiento especializado en herbario ocasionaron el deterioro progresivo de parte del material, afectando su estado de conservación. Ante esta situación, se decidió revisar detalladamente los ejemplares disponibles y proceder con su identificación taxonómica mediante el proceso de determinación, apoyado en la comparación con ejemplares de herbario y el uso de catálogos, monografías y floras especializadas, tales como Gentry (1993), Vargas (2002),

Moller y Yánez (1999), Ulloa y Moller (1993), Murillo y Harker (1990), Vélez (1992), Mendoza y Ramírez (2006), Sklenář et al. (2005) y Pedraza-Peñalosa et al. (2005).

3.4. AVES

La metodología implementada para llevar a cabo la caracterización de aves en el Páramo de la subcuenca Pance del Parque Nacional Natural Farallones de Cali corresponde tanto a puntos de conteo y a monitoreo acústico pasivo (Foto 2), con el fin de registrar la composición y estructura de la comunidad de aves presente en las diferentes coberturas evaluadas. El muestreo efectivo y los análisis cuantitativos de riqueza, abundancia y diversidad se basaron principalmente en los registros obtenidos mediante puntos de conteo, integrando observaciones visuales y auditivas directas realizadas por observadores entrenados. El monitoreo acústico pasivo se utilizó como una herramienta complementaria de apoyo a la detección de especies, sin constituir una fuente independiente de datos cuantitativos para los análisis presentados en la sección de resultados.

En cuanto a los puntos de conteo es una de las estrategias de monitoreo más utilizada en el estudio de las aves, ya que optimiza el manejo de los datos obtenidos en campo y permite controlar algunas de las variables esperadas, asignándoles a los puntos de conteo parámetros definidos de tiempo, ubicación espacial y dimensiones (Bibby *et al*., 2000). La metodología consiste en que los observadores se ubiquen en estaciones de muestreo fijas que poseen un diámetro de 50 metros y registren todas las especies de aves detectadas de manera visual o auditiva utilizando binoculares Vortex Crossfire 8x42 y/o Diamondback 8x42, y una cámara fotográfica (Nikon Coolpix P900), en un lapso de 10 minutos.

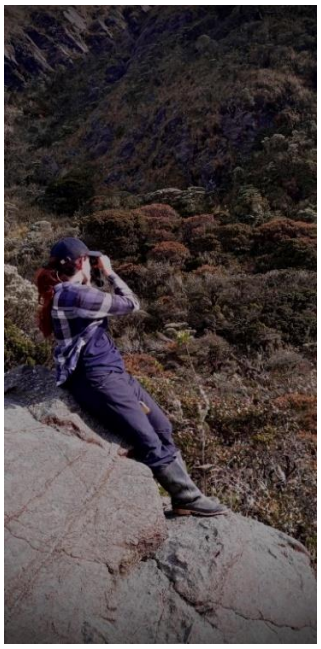



Foto 2. Equipos y métodos para el monitoreo de aves
Fuente: Equipo Proagua - 2025

Las estaciones de monitoreo fueron visitadas en horas de la mañana (6:00 – 10:30) y en la tarde (3:30 – 6:00), cada una de estas jornadas contó con dos réplicas para cada uno de los puntos de conteo, estableciendo que una vez el observador termino el muestreo en el punto de conteo, se debió esperar un tiempo de aproximadamente 20 minutos para realizar la réplica (Ralph et al., 1995). Cada uno de los puntos de conteo estuvieron separados entre sí por una distancia mínima de 200 metros lineales, esto en conjunto con los parámetros anteriormente mencionados, reducen la probabilidad de duplicar los registros y alterar las probabilidades de encuentro (Ralph et al., 1995). Los puntos de conteo se dispusieron manteniendo una distancia mínima aproximada de 200 metros entre estaciones, criterio que, junto con la estandarización del tiempo y el radio de muestreo, permitió minimizar la duplicación de registros y garantizar la independencia espacial de las observaciones utilizadas en los análisis.

En cuanto al monitoreo acústico pasivo es una técnica de muestreo no invasiva que se ha popularizado en la última década, esta metodología consiste en la instalación de grabadoras automáticas AudioMoth (Hill et al., 2017; 2019) en el área de trabajo con el propósito de registrar de manera remota los sonidos del entorno, especialmente las vocalizaciones de las aves. Esta herramienta permite detectar y estudiar especies sin la necesidad de observación directa de individuos, lo que reduce la perturbación en el hábitat y facilita el monitoreo en términos prácticos de personal, recursos y tiempo (Drake et al., 2021; Tovar García, 2021). Las estaciones o puntos de conteo fueron asignados teniendo en cuenta los siguientes

factores: representatividad de muestreo en las diferentes coberturas presentes en los ecosistemas andinos y de páramo, rutas de acceso, topografía y gradiente altitudinal.

3.4.1. Identificación de especies y curaduría

Previo al proceso de identificación de las especies de aves presentes en los archivos de audio, se realizó una fase de edición básica con el fin de optimizar la calidad de las grabaciones y facilitar la interpretación de sus componentes acústicos. Para ello se utilizó el programa Ocenaudio, debido a su carácter gratuito y a que ofrece una interfaz intuitiva que facilita su uso. Al iniciar la aplicación, los archivos fueron incorporados manualmente mediante el comando *Ctrl + O*, o se arrastraron directamente hacia la ventana principal del software. Una vez cargados los archivos, el programa despliego dos ventanas principales: en la parte superior se visualizará la forma de onda y en la parte inferior el espectrograma. Este último presenta una representación gráfica en escala de colores donde la tonalidad está asociada a la cantidad de energía de las señales acústicas; así, los colores más intensos indican mayor potencia o concentración de frecuencias (Blumstein et al., 2011; Towsey et al., 2014) (Figura 2).

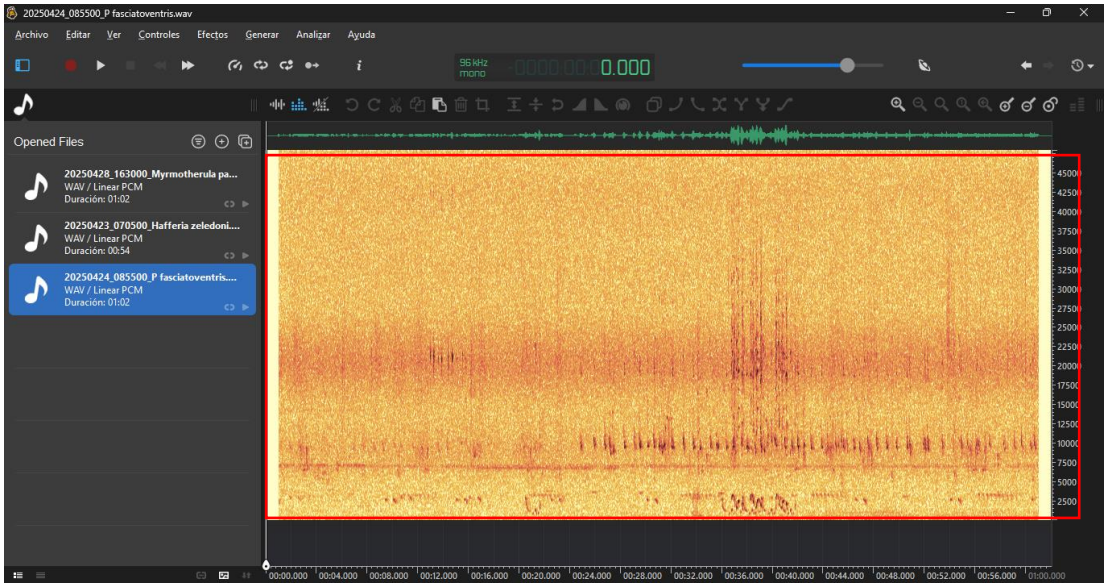


Figura 2. Representación gráfica en escala de colores donde la tonalidad está asociada a la cantidad de energía de las señales acústicas; así, los colores más intensos indicarán mayor potencia o concentración de frecuencias

Durante la visualización inicial, si se detectan coloraciones intensas y difusas en el fondo del espectrograma, se interpreta como contaminación por ruido ambiental, proveniente de fuentes como ríos, lluvia, vías o actividades humana. Para mitigar este efecto se aplicó el filtro de reducción de ruido disponible en Ocenaudio, con el fin de mejorar la relación señal–

ruido y resaltar las vocalizaciones de interés. Este procedimiento permite que las señales acústicas de aves se distingan con mayor claridad frente al fondo.

Posteriormente, se procedió a la detección e interpretación de los distintos organismos presentes en el audio. En grabaciones de aproximadamente un minuto es común registrar simultáneamente vocalizaciones de aves y sonidos de otros grupos como insectos, murciélagos o anfibios. La diferenciación entre estos organismos se basa en los patrones de actividad y en tres criterios principales (Sueur et al., 2008):

(1) la hora de grabación,
(2) la forma y estructura de las señales acústicas, y
(3) el rango de frecuencia de emisión.

Por ejemplo, los insectos suelen generar bandas continuas y homogéneas en el espectrograma, mientras que los anfibios presentan notas simples, repetitivas y en frecuencias bajas a medias (Sueur et al., 2008; Wells, 2007). Las aves, especialmente las pertenecientes al orden Passeriformes, suelen producir señales irregulares con modulaciones complejas y estructuras variables (Catchpole & Slater, 2008). Una vez identificadas las señales acústicas correspondientes a aves, se llevó a cabo la determinación taxonómica. Este proceso requiere cierto conocimiento previo de las vocalizaciones, por lo que inicialmente se empleó un enfoque de identificación asistida basado en la comparación con bases de datos especializadas. Para ello, se consultaron plataformas como Xeno-canto, el Visualizador de la Colección de Sonidos Ambientales del Instituto Humboldt y, en dispositivos móviles, la aplicación Merlyn. Estas herramientas permiten comparar tanto auditivamente como a nivel de espectrograma los registros obtenidos con grabaciones documentadas.

La identificación preliminar se realizó hasta niveles taxonómicos de familia o género, y posteriormente se refinó considerando criterios como la distribución geográfica, el rango altitudinal y la presencia conocida de especies en la zona de estudio. De esta manera, fue posible acercarse de manera confiable a la determinación de las especies presentes en cada archivo acústico

3.5. MAMIFEROS

Para caracterizar la comunidad de mamíferos del ecosistema de páramo localizado en la subcuenca Pance del Parque Nacional Natural Farallones de Cali, se utilizaron trampas cámaras trampa (Wearn et al., 2019) y búsqueda de rastros y huellas cumpliendo con un protocolo estandarizado con base a técnicas empleadas para monitorear mamíferos (Emmons 1984, Terborgh 1983, Wemmer et al. 1996, Conroy 1996, Peres 1999, Sánchez et al.

2004). Estas metodologías permiten, una vez implementada, registrar especies de hábitos nocturnos y crípticos, así como obtener información preliminar sobre patrones de actividad y dinámica espacio–temporal de la fauna, constituyendo la base para futuras acciones de conservación y manejo. Para el desarrollo del estudio se efectuó una estratificación del área en dos unidades ambientales: el páramo alto (Pico Pance) y la franja de transición altoandina (Balcones y sus alrededores). Esta división permite captar diferencias ecológicas asociadas a gradientes altitudinales, cambios en cobertura vegetal y disponibilidad de recursos.

La selección de puntos de muestreo se realizó posteriormente mediante recorridos de reconocimiento, priorizando sectores con evidencias de tránsito de fauna y evitando zonas fuertemente intervenidas.

Se propuso instalar diez cámaras trampa (Moultrie A Seria y/o GardenPro E5) distribuidas principalmente en el páramo alto y en la zona de transición se realizaron recorridos diarios de búsqueda de huellas y rastros complementado con la instalación de dos trampas cámara. Los puntos fueron seleccionados de manera que existiera una distancia aproximada de 200 metros entre cámaras, con el fin de asegurar la independencia espacial requerida para los análisis propuestos y ampliar la cobertura del paisaje dentro de las limitaciones logísticas del área.

Cada cámara se instaló entre 30 y 50 centímetros sobre el suelo y se orientó perpendicularmente a senderos naturales, pasos angostos o evidencia de tránsito animal identificada en el reconocimiento previo. Los dispositivos se configuraron con sensores PIR de alta sensibilidad, intervalos mínimos entre disparos y captura simultánea de fotografía y video corto. Además, se registraron coordenadas GPS, elevación y características del microhábitat de cada punto de instalación (Foto 3).



Foto 3. Cámaras para monitoreo de mamíferos

Fuente: Equipo Proagua - 2025

El periodo de muestreo proyectado fue de 7 días continuos por cámara, para detectar especies de baja abundancia o actividad irregular. Las visitas a las cámaras se limitaron para evitar perturbaciones innecesarias. Finalizado el periodo establecido, los equipos fueron retirados siguiendo los protocolos de bioseguridad.

Una vez recolectados los datos, se organizó una base con la información generada por cada cámara, incluyendo fecha, hora, taxón detectado, número de individuos y comportamiento observado. La identificación de especies se realizó mediante revisión independiente por dos analistas, empleando guías especializadas de mamíferos altoandinos (Emmons 1984, Terborgh 1983, Wemmer et al. 1996, Conroy 1996, Peres 1999, Sánchez et al. 2004).
Se aplicó un criterio de independencia temporal entre registros para evitar duplicación de eventos. Para el análisis de la información se generaron métricas como frecuencia de detección y registros por noche-cámara. Posteriormente, se construyeron matrices de detección/no detección por cámara y por bloques temporales de un día, las cuales se utilizan en modelos de ocupación de una temporada con el propósito de estimar la probabilidad de ocupación (ψ) y la probabilidad de detección (p) de las especies registradas. De otra parte, se analizaron patrones de actividad diaria mediante estimaciones de densidad temporal.

3.6. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El análisis de la información biológica recolectada para flora, aves y mamíferos se efectuó mediante un conjunto de procedimientos estadísticos y ecológicos orientados a caracterizar la composición, estructura, diversidad, funcionalidad y estado de conservación de las especies presentes en el área de estudio. Las técnicas utilizadas permitieron comparar las comunidades biológicas a lo largo del gradiente altitudinal y con ecosistemas similares previamente estudiados.

3.6.1. Composición, estructura y riqueza de especies

La caracterización de la composición biológica considera el número de familias, géneros y especies registradas para cada grupo (vegetación, aves y mamíferos). A partir de los datos de presencia y abundancia obtenidos en las estaciones y unidades de muestreo, se estimó la riqueza específica observada y potencial mediante estimadores no paramétricos ampliamente utilizados en sistemas de alta montaña. Se utilizaron los estimadores Jackknife 1 y Bootstrap, los cuales permiten proyectar la riqueza esperada incluso en comunidades con elevada proporción de especies raras o con heterogeneidad ambiental. Para dichos cálculos se emplea el software R. Los resultados se representan mediante curvas de acumulación de especies, útiles para evaluar el comportamiento de la riqueza con respecto al esfuerzo de muestreo.

3.6.2.Diversidad alfa (α)

La diversidad alfa se calculó para cada grupo biológico y estación de muestreo empleando dos índices complementarios:

- Índice de Shannon-Wiener (H’ ln): permite una evaluación integral de la diversidad basada en la relación entre riqueza y equidad, con independencia relativa del tamaño de la muestra (Magurran, 1988).
- Índice inverso de Simpson (1/D): sensible a la dominancia de especies frecuentes, adecuado para conjuntos de datos con variación marcada en abundancia y bajo sesgo estadístico (Cañas, 2000).

El uso combinado de estos índices permite una caracterización robusta de la diversidad interna de las comunidades biológicas registradas.

3.6.3. Diversidad beta (β)

El recambio de especies entre estaciones altitudinales se evaluó mediante índices de similitud y disimilitud:

- **Bray–Curtis** (cuantitativo, basado en abundancias)

- **Jaccard** y **Sørensen** (cualitativos, basados en presencia/ausencia).

Los valores obtenidos se integraron mediante el método de agrupamiento UPGMA, con el fin de generar dendrogramas que permitan identificar patrones de continuidad o separación entre comunidades (Villarreal et al., 2006). Se utilizó el índice de Whittaker para cuantificar el grado de recambio específico entre estaciones, estimando la ganancia o pérdida de especies a lo largo del gradiente evaluado (Villarreal et al., 2006).

3.6.4. Análisis estructural (aplicable a vegetación)

Para el componente de vegetación se calculó el Índice de Valor de Importancia (IVI) con el fin de identificar las especies estructuralmente dominantes de cada cobertura vegetal. El IVI se evaluó mediante la sumatoria de la Densidad relativa (DeR), Frecuencia relativa (FR) y Dominancia relativa (DoR) siguiendo las metodologías propuestas por Müeller-Dombois y colaborador (1974). Este análisis permitió diferenciar especies dominantes, codominantes y acompañantes, y comprender la estructura general de las comunidades vegetales evaluadas.

3.6.5. Análisis de la estructura trófica (aves y mamíferos)

La fauna caracterizada fue clasificada en gremios tróficos con base en su dieta principal: frugívoros (FR), granívoros (GR), nectarívoros (NE), insectívoros (IN), hematófagos (HM), carnívoros (CA), omnívoros (OM), herbívoros (HE) y necrófagos (R). A su vez, se asignarán niveles tróficos correspondientes: consumidores primarios (CP), secundarios (CS) y terciarios (CT). Se identificaron también las principales fuentes de alimento y los roles ecológicos que desempeñan las especies en el ecosistema, tales como dispersión de semillas (DS), polinización (PZ), reciclaje de nutrientes (RN) y control de poblaciones (CP). Estos elementos permiten comprender la funcionalidad ecológica de la fauna dentro del páramo evaluado.

3.6.6. Especies migratorias, endémicas, amenazadas y de valor comercial

El estado de conservación de las especies registradas se evaluó con base en la normativa y listados vigentes a nivel nacional e internacional. Para ello, se tuvo en cuenta la Resolución 0126 de 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), que define las especies silvestres amenazadas en Colombia y las clasifica en las categorías de Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN) y Vulnerable (VU). Adicionalmente, se verificó la inclusión de cada especie en los apéndices de la Convención CITES, con el fin de identificar aquellas sujetas a control por su valor comercial o riesgo asociado al comercio internacional. De forma complementaria, se consultó la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) para determinar el estado poblacional global y la tendencia demográfica (creciente, estable o decreciente).

Además, se revisaron los Libros Rojos Nacionales y las listas especializadas del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, las cuales aportan información detallada sobre especies en riesgo de extinción en el contexto colombiano. La integración de estas fuentes permite identificar y priorizar especies de especial interés para la gestión, conservación y toma de decisiones en el área de estudio.

3.6.7. Análisis comparativo

Finalmente, los resultados obtenidos para flora, aves y mamíferos se compararon con estudios previos realizados en ecosistemas altoandinos y de páramo de condiciones similares. Este análisis comparativo permite contextualizar los patrones locales de biodiversidad dentro de un marco regional y evaluar si el sistema estudiado presenta similitudes, singularidades o tendencias particulares en composición, diversidad y estructura ecológica, de acuerdo con los enfoques de la ecología comparativa y los estudios de biodiversidad en ecosistemas de montaña (Whittaker et al., 1973; Magurran, 2004; Villarreal et al., 2006; Rangel-Churio, 2015).

3.7. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LOS CUERPOS LÉNTICOS Y LÓTICOS PRESENTES EN EL PÁRAMO DE LA SUBCUENCA PANCE EN EL PNN FARALLONES DE CALI.

Se establecieron dos (2) puntos de muestreo tanto para el sistema lótico como para el sistema léntico. En cada punto se midió pH, Temperatura, conductividad y oxígeno disuelto, adicionalmente se tomaron muestras de agua en envases de vidrio ámbar de acuerdo con el protocolo de Métodos Estándar para el Análisis de aguas (APHA, AWWA & WPCF., 2017) y se llevaron a refrigeración. Las muestras se llevaron al laboratorio DBO Ingeniería Ltda, en la ciudad de Cali – Valle del Cauca, para la medición y análisis de sólidos totales disueltos, coliformes totales y fecales, nitrógeno, fósforo, potasio, arsénico, cianuro y mercurio.

Igualmente, para cada estación se registraron aspectos como tipo de sustrato, altura, cobertura vegetal y conformación del paisaje general. Posteriormente la información obtenida se analizó de acuerdo con la normatividad vigente y las características ecológicas de la zona, para establecer la calidad del recurso hídrico.

Los recipientes usados fueron facilitados directamente por el laboratorio, y fueron rotulados y manipulados de acuerdo con lo recomendado. Las muestras fueron refrigeradas para mantener la cadena de custodia.

Finalmente, con base en el análisis fisicoquímico de las muestras y su relación con lo evidenciado in situ se procedió a la elaboración de la evaluación de calidad del recurso hídrico en las dos fuentes de agua monitoreadas.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. FLORA

4.1.1. Revisión Bibliográfica de Estudios Previos

Los estudios botánicos en los páramos de la cordillera Occidental continúan siendo relativamente escasos, fragmentados y de carácter puntual; no obstante, algunas investigaciones de síntesis regional e inventarios locales han permitido avanzar de manera preliminar en el conocimiento de la composición, estructura y singularidad de la flora paramuna presente en estos ecosistemas altoandinos. Actualmente, los inventarios florísticos más exhaustivos y robustos realizados en los páramos de la Cordillera Occidental se concentran principalmente en el macizo de Tatamá, el complejo Frontino–Urrao y el sector paramuno del Parque Nacional Natural Farallones de Cali.

A escala regional, compilaron información proveniente de numerosos levantamientos fitosociológicos realizados en estos páramos, registrando para la cordillera Occidental aproximadamente 102 familias, 195 géneros y 295 especies de plantas vasculares, con un claro predominio de las familias Asteraceae, Poaceae, Cyperaceae, Ericaceae y Rosaceae, y señalando que las formaciones de matorrales, pajonales y chuscales del subpáramo y páramo medio concentran los mayores valores de riqueza florística (Pinto-Zárate y Rangel-Churio 2009, 2010). Estos autores también identificaron asociaciones vegetales características de estos páramos, evidenciando la alta heterogeneidad estructural y florística de los ecosistemas paramunos de esta cordillera (Pinto-Zárate y Rangel-Churio 2009, 2010).

En el departamento del Valle del Cauca, el sector de páramo del PNN Farallones de Cali es uno de los mejor documentados desde el punto de vista botánico, a pesar de las dificultades de acceso (Rangel-Churio, 2015; Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2013). La caracterización florística desarrollada por Castro (2020) describió el gradiente de vegetación desde selvas pluviales tropicales hasta comunidades paramunas por encima de los 3600 m.s.n.m., con predominio de pajonales, matorrales y turberas, y con una fisonomía particular caracterizada por la ausencia de frailejones. De manera complementaria, el Inventario florístico preliminar de 10 socavones realizado por la Dirección Territorial Pacífico – Parques Nacionales Naturales de Colombia (s. f.) documentó la flora de angiospermas en zonas impactadas por minería ilegal y en los ecosistemas aledaños,

estableciendo una línea base para la restauración y el manejo de estos ambientes intervenidos.

Otro esfuerzo relevante en Farallones corresponde al sector Alto del Buey, donde en el marco del proyecto "Una isla en las nubes" se registraron 299 muestras de plantas vasculares y 130 de plantas no vasculares y líquenes, incluyendo especies arbóreas como *Quercus humboldtii* y *Podocarpus* sp., así como una alta diversidad de pteridófitas y aráceas propias de bosques altoandinos en transición al páramo (Informe de colecciones, s. f.). La reseña de esta expedición botánica resalta, además, el redescubrimiento de *Brunellia latifolia* después de más de 70 años sin registros, así como la posible presencia de taxones poco conocidos, lo que resalta el carácter aún incompleto del conocimiento florístico del complejo Farallones (Reseña expedición botánica Farallones, s. f.).

En el macizo de Tatamá, los estudios fitosociológicos realizados por Rangel-Churio y colaboradores en el 2000 y posteriormente integrados van der Hammen y colaboradores en 2005 y por Rangel-Churio y Pinto-Zárate 2009, permitieron describir detalladamente las formaciones vegetales paramunas, identificando asociaciones típicas de pajonales, matorrales, frailejones y turberas, con patrones de distribución controlados por gradientes altitudinales, edáficos e hídricos (Pinto-Zárate & Rangel-Churio, 2010). Estos trabajos confirman que Tatamá constituye uno de los núcleos de mayor diversidad florística de páramo en la cordillera Occidental, aunque gran parte de la información disponible proviene de parcelas puntuales y no de inventarios continuos.

Adicionalmente, estudios recientes en bosques montanos de la cordillera Occidental han documentado la elevada diversidad de epífitas vasculares, registrando hasta 210 especies en 26 familias, con predominio de Orchidaceae, lo que evidencia la alta complejidad estructural de los ecosistemas que conforman los ecotonos bosque altoandino–páramo (Arias Martínez et al., 2024). A nivel funcional, los análisis de diversidad funcional en páramos andinos tropicales han demostrado que la vegetación se encuentra dominada por arbustos esclerófilos, rosetas caulescentes, gramíneas y plantas en cojín, con adaptaciones fisiológicas a condiciones extremas de radiación, bajas temperaturas y déficit hídrico, patrones que también caracterizan a los páramos de la cordillera Occidental (Rada et al., 2019).

Finalmente, el contexto de conservación de estos ecosistemas florísticos se ve fuertemente comprometido por procesos de deforestación y fragmentación, como los documentados en la cordillera Occidental de Antioquia, donde más del 90 % de las áreas de alta biodiversidad presentan fragmentación severa, lo que compromete la conectividad de los ecosistemas altoandinos y paramunos (Calderón-Caro & Benavides, 2022). En conclusión, el

conocimiento disponible sobre la flora de los páramos de la cordillera Occidental es aún disperso y concentrado en pocos complejos (Tatamá, Farallones de Cali y Frontino–Urrao); sin embargo, los estudios existentes coinciden en resaltar su alta heterogeneidad florística, presencia de especies de alto valor de conservación y singularidad estructural, lo que pone de manifiesto la urgencia de fortalecer los inventarios florísticos sistemáticos y de largo plazo en estos ecosistemas estratégicos.

4.1.2. Trabajo de campo

A continuación, se presenta la información de la caracterización realizada en campo. En la Tabla 1 se presentan las coordenadas de las parcelas y en la Figura 3 a 5 su ubicación espacial, posteriormente se detalla la información diferenciada en Arbustales y Herbazales.

Tabla 1. Ubicación espacial de las parcelas de Flora.

Nombre	ORIG_FID	Este	Norte	Cobertura	Nombre	ORIG_FID	Este	Norte	Cobertura
P1	1	4589318,9	1927860,99	Herbazal	P7	1	4589430,876	1926939,84	Arbustal
P1	2	4589323,78	1927865,87	Herbazal	P7	2	4589454,688	1926939,84	Arbustal
P1	3	4589333,98	1927855,67	Herbazal	P7	3	4589454,688	1926926,87	Arbustal
P1	4	4589329,1	1927850,79	Herbazal	P7	4	4589430,876	1926926,87	Arbustal
P2	1	4589236,24	1927734,53	Arbustal	P8_1	1	4589430,777	1926831,78	Arbustal
P2	2	4589245,63	1927746,93	Arbustal	P8_1	2	4589435,496	1926820,06	Arbustal
P2	3	4589264,39	1927732,73	Arbustal	P8_1	3	4589408,42	1926809,16	Arbustal
P2	4	4589255	1927720,32	Arbustal	P8_1	4	4589403,701	1926820,88	Arbustal
P3	1	4589403,4	1927449,28	Arbustal	P8_2	1	4589384,473	1926808,53	Arbustal
P3	2	4589412,46	1927444,06	Arbustal	P8_2	2	4589385,73	1926804,83	Arbustal
P3	3	4589403,59	1927428,68	Arbustal	P8_2	3	4589376,596	1926801,73	Arbustal
P3	4	4589394,53	1927433,9	Arbustal	P8_2	4	4589375,339	1926805,43	Arbustal
P4	1	4589402,49	1927307,17	Arbustal	P9	1	4589535,927	1926794,6	Arbustal
P4	2	4589388,66	1927324,94	Arbustal	P9	2	4589543,007	1926789,03	Arbustal
P4	3	4589403,48	1927336,47	Arbustal	P9	3	4589533,745	1926777,26	Arbustal
P4	4	4589417,31	1927318,7	Arbustal	P9	4	4589526,665	1926782,83	Arbustal
P5	1	4589370,26	1926906,47	Herbazal	P10	1	4589336,399	1927351,33	Herbazal
P5	2	4589376,35	1926904,09	Herbazal	P10	2	4589341,916	1927356,84	Herbazal
P5	3	4589369,96	1926887,77	Herbazal	P10	3	4589353,624	1927345,14	Herbazal
P5	4	4589363,88	1926890,15	Herbazal	P10	4	4589348,107	1927339,62	Herbazal
P6	1	4589371,8	1926725,74	Herbazal	P11	1	4589346,939	1928000,12	Herbazal
P6	2	4589376,1	1926721,4	Herbazal	P11	2	4589352,951	1928006,16	Herbazal
P6	3	4589366,01	1926711,41	Herbazal	P11	3	4589364,93	1927994,24	Herbazal
P6	4	4589361,71	1926715,75	Herbazal	P11	4	4589358,918	1927988,2	Herbazal

Fuente: elaboración propia.

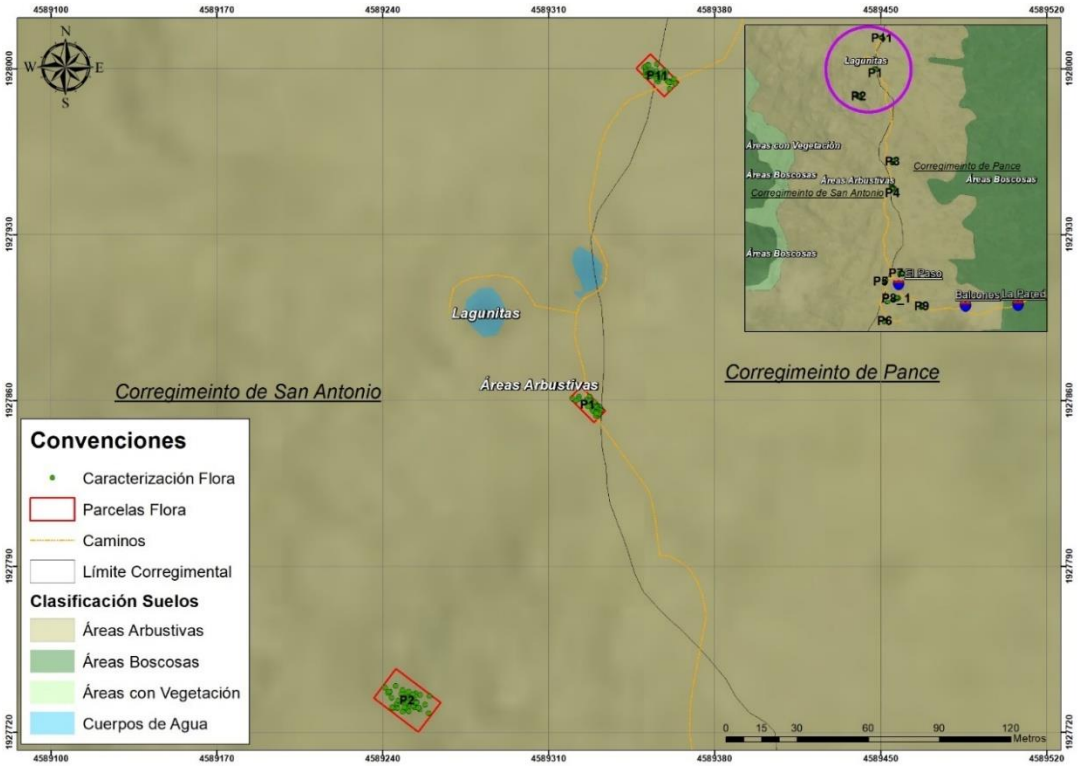


Figura 3. Ubicación espacial del primer bloque de parcelas de Flora

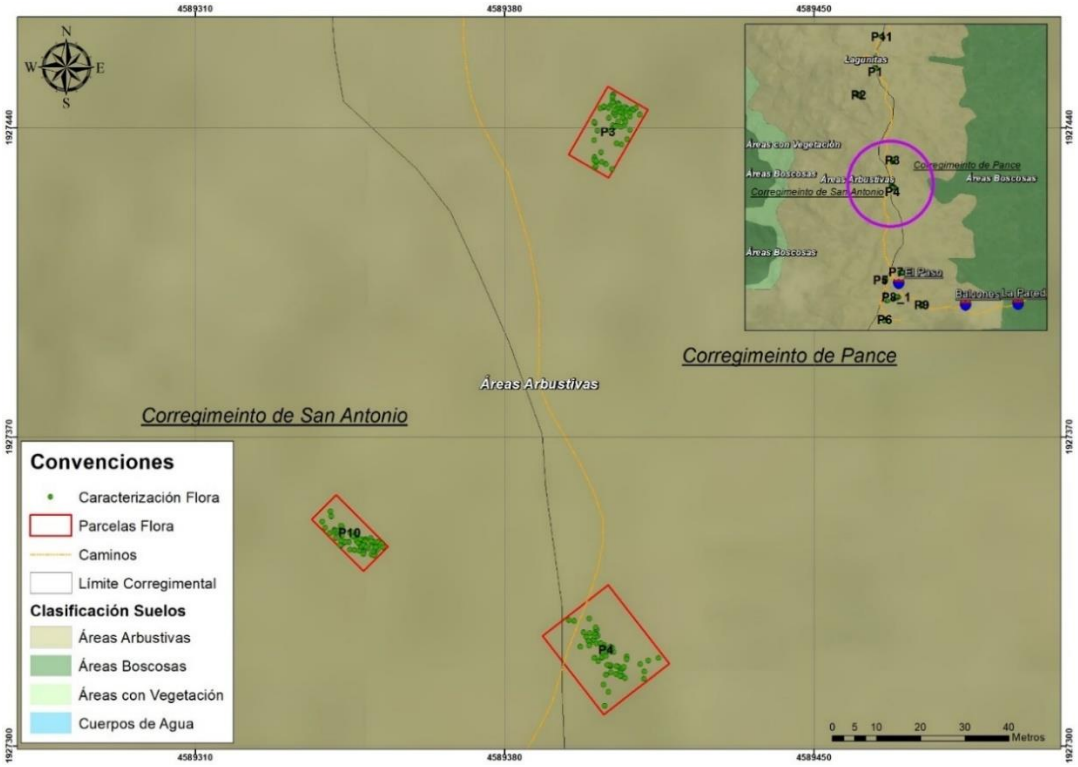


Figura 4 . Ubicación espacial del segundo bloque de parcelas de Flora

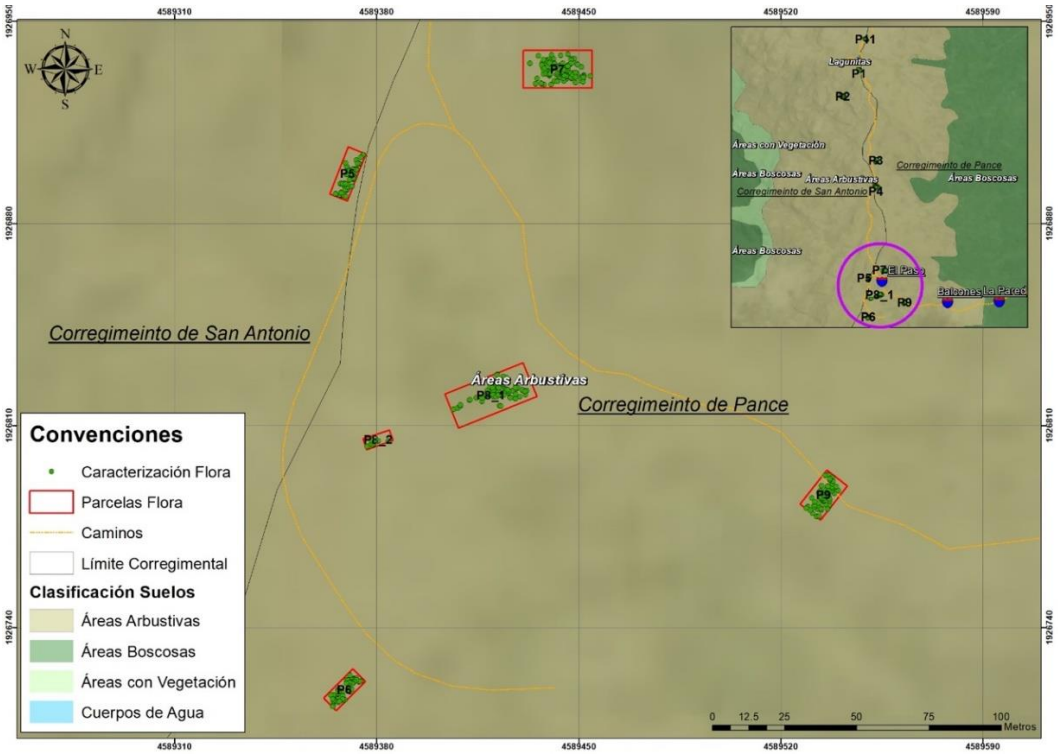


Figura 5. Ubicación espacial del tercer bloque de parcelas de Flora

4.1.3. Arbustales: Composición florística de la Regeneración Natural Arbustales

El sector de Pico Pance, ubicado en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali aproximadamente 4000 msnm, representa uno de los enclaves más elevados y menos intervenidos de la cordillera Occidental. En este ecosistema de alta montaña, caracterizado por clima frío, fuerte exposición a vientos y presencia de formaciones rocosas, se llevó a cabo una caracterización de la cobertura arbustal en zonas de páramo. Los registros obtenidos corresponden exclusivamente a individuos juveniles en estado de latizales y brinzales, sin evidencia de ejemplares adultos, lo que sugiere un proceso de regeneración natural en condiciones climáticas exigentes, pero sin perturbaciones antrópicas significativas, salvo turismo ocasional. Se identificaron 27 familias botánicas (Figura 6 y Tabla 2), siendo Asteraceae (8 especies) y Ericaceae (5 especies) las más representativas, seguidas por Poaceae, Melastomataceae, Caprifoliaceae y Bromeliaceae con tres especies cada una. Este patrón florístico coincide con la dominancia de familias adaptadas a condiciones de alta radiación, suelos ácidos y baja temperatura, propias de los páramos andinos (Cleef, 1981).

La singularidad biogeográfica del páramo Pico Pance se enmarca en un contexto más amplio de los sistemas paramunos de la cordillera Occidental, los cuales son reducidos, fragmentados y de difícil acceso, lo que ha limitado históricamente su estudio. A diferencia de los páramos de las cordilleras Central y Oriental, los complejos occidentales como el PNN Farallones de Cali han sido objeto de investigaciones recientes que buscan llenar vacíos de

conocimiento sobre su biodiversidad y dinámica ecológica. Iniciativas como el proyecto "Una isla entre nubes", liderado por la Universidad Javeriana Cali, Universidad del Valle y Parques Nacionales, han resaltado la importancia de estos ecosistemas en términos de conservación y resiliencia climática (Universidad Javeriana Cali et al., 2021). La presencia exclusiva de regeneración juvenil en Pico Pance, junto con la diversidad taxonómica registrada, refuerza la hipótesis de que este sector actúa como un refugio ecológico de alta montaña, donde las condiciones naturales regulan la sucesión vegetal sin necesidad de intervención humana directa (Morales, Rodríguez, & Sánchez, 2007).

La composición incluye especies características de páramo como *Diplostephium farallonense* y *Pentacalia vaccinioides* (Asteraceae), además de representantes de Ericaceae como *Macleania rupestris* ("uva camarona") y *Gaultheria oreogena*. Se destacan también especies de Poaceae como *Chusquea tessellata* ("chusque") y *Cortaderia nitida* ("cortadera"), que conforman pajonales típicos de ambientes altoandinos. La presencia de géneros como *Bomarea* (Alstroemeliaceae), *Valeriana* (Caprifoliaceae) y *Desfontainia spinosa* (Columelliaceae) evidencia la diversidad estructural de los arbustales y su adaptación a condiciones de alta radiación y suelos ácidos.

La riqueza registrada incluye especies con valor ecológico y cultural, como *Greigia vulcanica* ("piñuela"), *Puya* sp. y *Gaiadendron punctatum* ("tagua"), que cumplen funciones clave en la dinámica de polinización y dispersión en ecosistemas de páramo. La identificación de taxones endémicos y poco comunes, como *Diplostephium farallonense* y *Gomphichis caucana* (Orchidaceae), resalta la singularidad florística del complejo Farallones de Cali y su importancia para la conservación. Estos resultados se alinean con estudios regionales que han documentado la alta heterogeneidad florística y la dominancia de familias como Asteraceae, Poaceae y Ericaceae en los páramos de la Cordillera Occidental (Pinto-Zárate & Rangel-Churio, 2010; Castro, 2020).

El análisis de volúmenes forestales en la cobertura de arbustal del sector Pico Pance evidencia que la mayoría de las especies registradas presentan valores nulos tanto en volumen comercial como en volumen total, lo cual corresponde con la condición juvenil de los individuos (latizales y brinzales) y la ausencia de ejemplares adultos. Este patrón confirma que la regeneración natural en el área se encuentra en etapas tempranas de desarrollo estructural, sin acumulación significativa de biomasa aprovechable.

Dentro de las especies con volúmenes positivos, se destacan *Diplostephium farallonense* con un volumen comercial de 0.087 m^3 y un volumen total de 0.161 m^3, seguido por *Pentacalia vaccinioides* con 0.023 m^3 y 0.042 m^3 respectivamente. Otras especies con valores menores incluyen *Gaiadendron punctatum* (0.018 m^3 comercial, 0.024 m^3 total), *Macleania rupestris*

(0.013 m³ comercial, 0.016 m³ total), *Gynoxys arnicae* (0.007 m³ comercial, 0.016 m³ total) y *Ilex suprema* (0.007 m³ comercial, 0.009 m³ total). Estos registros, aunque bajos, reflejan la presencia de taxones con potencial de acumulación de biomasa en el largo plazo, especialmente especies arbustivas y subarbóreas adaptadas a condiciones de alta montaña (Rada et al., 2019).

La dominancia de especies con volúmenes reducidos refuerza la idea de que el arbustal cumple funciones de regeneración, protección de suelos y soporte de procesos ecológicos como polinización y dispersión, más que de provisión de madera o productos forestales. Este patrón es consistente con estudios en páramos de la Cordillera Occidental, donde la vegetación arbustiva se caracteriza por su baja densidad de biomasa y su rol funcional en la resiliencia de los ecosistemas altoandinos (Pinto-Zárate & Rangel-Churio, 2010; Rada et al., 2019).

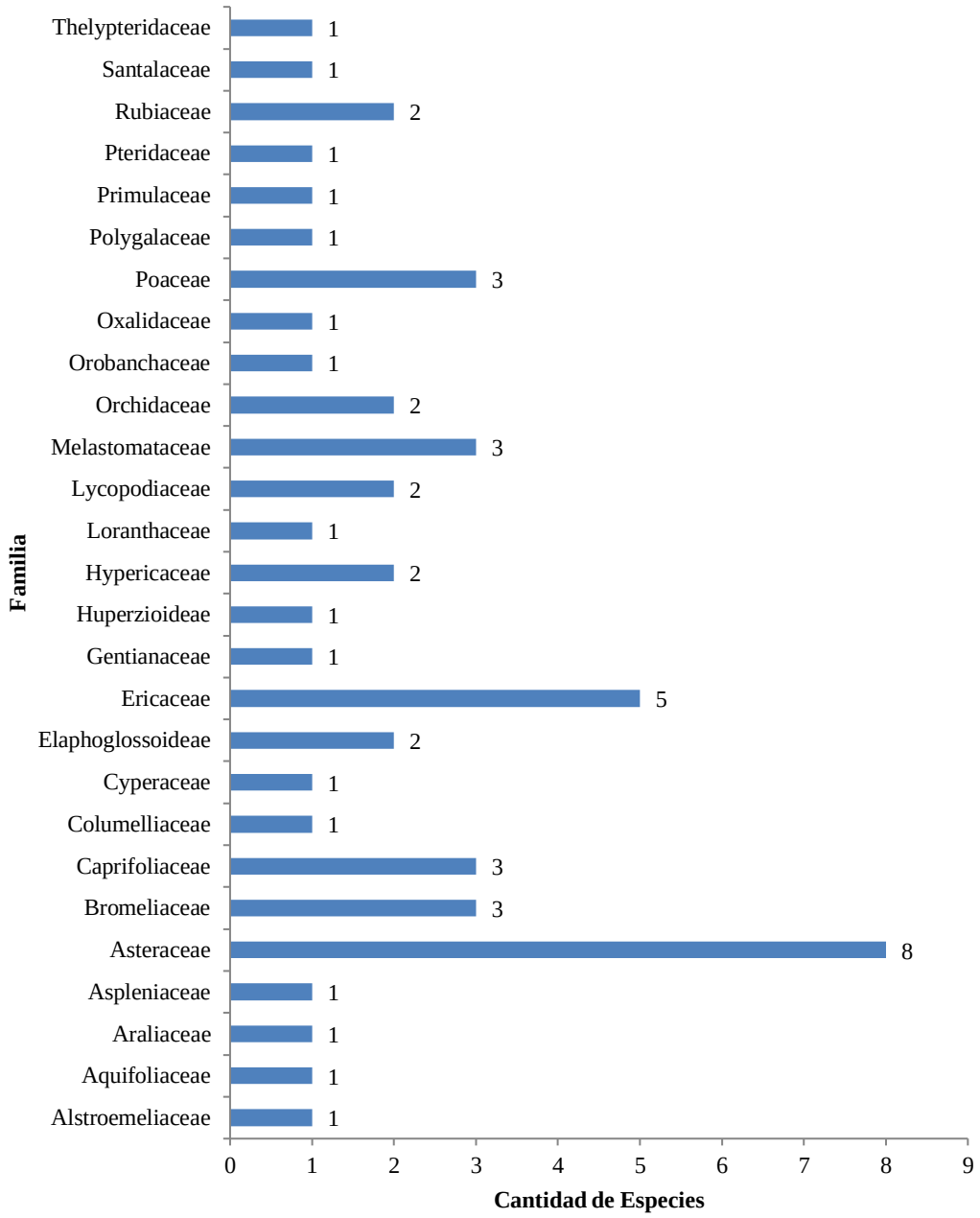


Figura 6. Composición por familias de la regeneración en la cobertura de Arbustal

Tabla 2. Caracterización florística para la regeneración natural en la cobertura de arbustal

Familia	Especie	Nombre Común
Alstroemeliaceae	*Bomarea linifolia (Kunth) Baker*	Cortapicos
Aquifoliaceae	*Ilex suprema Cuatrec.*	-
Araliaceae	*Oreopanax Decne. & Planch. Sp1*	-

Familia	Especie	Nombre Común
Aspleniaceae	*Blechnum loxense (Kunth) Hook. ex Salomon*	-
Asteraceae	*Diplostephium cf. rosmarinifolium Wedd.*	-
	Diplostephium eriophorum Wedd.	-
	Diplostephium farallonense (Cuatrec.) Cuatrec.	-
	Diplostephium floribundum Wedd.	-
	Gynoxys arnicae Cuatrec.	-
	Loricaria complanata Wedd.	-
	Oritrophium peruvianum (Lam.) Cuatrec.	-
	Pentacalia vaccinioides (Kunth) Cuatrec.	Chilquilla menuda
Bromeliaceae	*Bromelia L. sp1*	-
	Greigia vulcanica André	Piñuela
	Puya Molina sp1	Puya
Caprifoliaceae	*Valeriana alliariifolia Vahl*	Valeriana
	Valeriana bracteata Benth.	-
	Valeriana cf alliariifolia Vahl	Valeriana
Columelliaceae	*Desfontainia spinosa Ruiz & Pav.*	Almaguereña
Cyperaceae	*Rhynchospora macrochaeta Steud. ex Boeckeler*	Pasto
Elaphoglossoideae	*Elaphoglossum minutum (Pohl) T.Moore*	-
	Elaphoglossum sporadolepis (Kunze) T.Moore	-
Ericaceae	*Disterigma acuminatum (Kunth) Nied.*	-
	Gaultheria myrsinoides Kunth	-
	Gaultheria oreogena A.C.Sm.	-
	Gaultheria L.	-
	Macleania rupestris (Kunth) A.C.Sm.	Uva camarona
Gentianaceae	*Gentianella corymbosa (Kunth) Weaver & Rüdenberg*	-
Huperzioideae	*Phlegmariurus brevifolius (Hook. & Grev.) B.Øllg.*	-
Hypericaceae	*Hypericum cf. juniperinum Kunth*	-
	Hypericum laricifolium Juss.	-
Loranthaceae	*Gaiadendron punctatum (Ruiz & Pav.) G.Don*	Tagua
Lycopodiaceae	*Lycopodium clavatum L.*	-
	Phlegmariurus hohenackeri (Herter) B.Øllg.	-
Melastomataceae	*Brachyotum lindenii Cogn.*	-
	Chaetogastra grossa (L.f.) P.J.F.Guim. & Michelang.	-
	Miconia Ruiz & Pav. Sp1	-
Orchidaceae	*Epidendrum L. sp3*	-
	Gomphichis caucana Schltr.	-
Orobanchaceae	*Neobartsia pedicularoides (Benth.) Uribe-Convers & Tank*	-
Oxalidaceae	*Oxalis L. sp1*	-
Poaceae	*Chusquea tessellata Munro*	Chusque
	Cortaderia nitida (Kunth) Pilg.	Cortadera
	Paramochloa effusa (Kunth) P.M.Peterson, Soreng, Romasch. & Barberá	-
Polygalaceae	*Monnina crassifolia (Bonpl.) Kunth*	-
Primulaceae	*Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.*	-
Pteridaceae	*Jamesonia alstonii A.F.Tryon*	-

Familia	Especie	Nombre Común
Rubiaceae	*Arcytophyllum Willd.*	-
	Galium hypocarpium (L.) Endl. ex Griseb.	-
Santalaceae	*Cervantesia Ruiz & Pav.*	-
Thelypteridaceae	*Amauropelta rudis (Kunze) Pic.Serm.*	-

Tabla 3.Volumen total para la Regeneración natural en la cobertura de Arbustal

ESPECIE	VOLUMEN COMERCIAL (m^3)	VOLUMEN TOTAL (m^3)
Amauropelta rudis (Kunze) Pic.Serm.	0.000	0.000
Arcytophyllum Willd.	0.000	0.000
Blechnum loxense (Kunth) Hook. ex Salomon	0.000	0.000
Bomarea linifolia (Kunth) Baker	0.000	0.000
Brachyotum lindenii Cogn.	0.000	0.000
Bromelia L. sp1	0.000	0.000
Cervantesia Ruiz & Pav.	0.000	0.000
Chaetogastra grossa (L.f.) P.J.F.Guim. & Michelang.	0.000	0.000
Chusquea tessellata Munro	0.000	0.000
Cortaderia nitida (Kunth) Pilg.	0.000	0.000
Desfontainia spinosa Ruiz & Pav.	0.000	0.000
Diplostephium cf. rosmarinifolium Wedd.	0.009	0.013
Diplostephium eriophorum Wedd.	0.000	0.001
Diplostephium farallonense (Cuatrec.) Cuatrec.	0.087	0.161
Diplostephium floribundum Wedd.	0.000	0.000
Disterigma acuminatum (Kunth) Nied.	0.000	0.000
Elaphoglossum minutum (Pohl) T.Moore	0.000	0.000
Elaphoglossum sporadolepis (Kunze) T.Moore	0.000	0.000
Epidendrum L. sp3	0.000	0.000
Gaiadendron punctatum (Ruiz & Pav.) G.Don	0.018	0.024
Galium hypocarpium (L.) Endl. ex Griseb.	0.000	0.000
Gaultheria myrsinoides Kunth	0.000	0.000
Gaultheria oreogena A.C.Sm.	0.000	0.000
Gaultheria L.	0.003	0.007
Gentianella corymbosa (Kunth) Weaver & Rüdenberg	0.000	0.000
Gomphichis caucana Schltr.	0.000	0.000
Greigia vulcanica André	0.000	0.000
Gynoxys arnicae Cuatrec.	0.007	0.016
Hypericum cf. juniperinum Kunth	0.000	0.000
Hypericum laricifolium Juss.	0.003	0.004
Ilex suprema Cuatrec.	0.007	0.009
Jamesonia alstonii A.F.Tryon	0.000	0.000
Loricaria complanata Wedd.	0.000	0.000
Lycopodium clavatum L.	0.000	0.000
Macleania rupestris (Kunth) A.C.Sm.	0.013	0.016
Miconia Ruiz & Pav. Sp1	0.000	0.000
Monnina crassifolia (Bonpl.) Kunth	0.000	0.000
Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.	0.004	0.005

ESPECIE	VOLUMEN COMERCIAL (m^3)	VOLUMEN TOTAL (m^3)
Neobartsia pedicularoides (Benth.) Uribe-Convers & Tank	0.000	0.000
Oreopanax Decne. & Planch. Sp1	0.001	0.001
Oritrophium peruvianum (Lam.) Cuatrec.	0.000	0.000
Oxalis L. sp1	0.000	0.000
Paramochloa effusa (Kunth) P.M.Peterson, Soreng, Romasch. & Barberá	0.000	0.000
Pentacalia vaccinioides (Kunth) Cuatrec.	0.023	0.042
Phlegmariurus brevifolius (Hook. & Grev.) B.Øllg.	0.000	0.000
Phlegmariurus hohenackeri (Herter) B.Øllg.	0.000	0.000
Puya Molina sp1	0.000	0.000
Rhynchospora macrochaeta Steud. ex Boeckeler	0.000	0.000
Valeriana alliariifolia Vahl	0.000	0.000
Valeriana bracteata Benth.	0.000	0.000
Valeriana cf alliariifolia Vahl	0.000	0.000

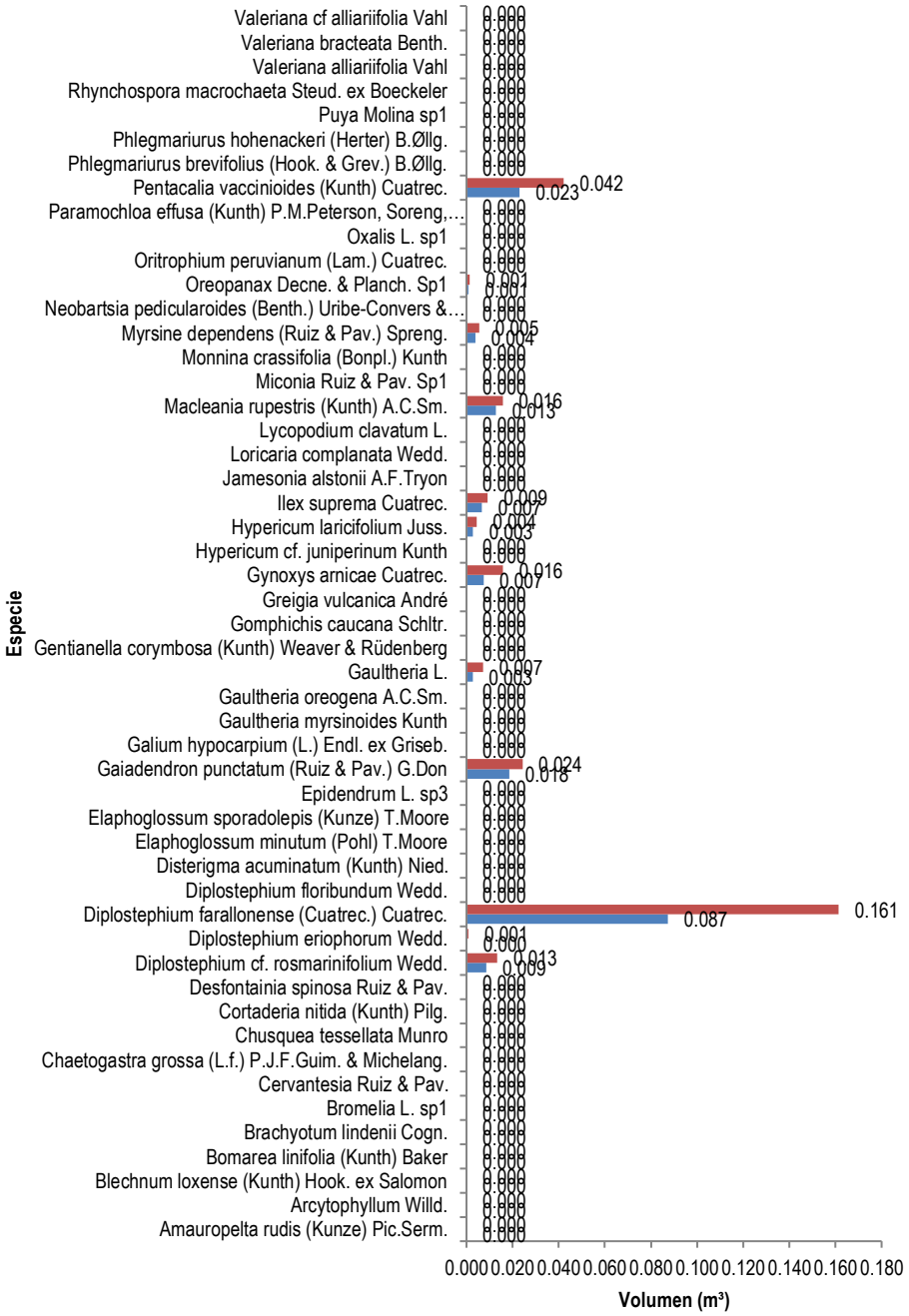


Figura 7. Volumen total para la Regeneración natural en la cobertura de Arbustal

4.1.3.1. Indicadores de la estructura horizontal

- **Abundancia**

El análisis de abundancia evidencia una marcada heterogeneidad en la composición florística del arbustal. Entre las especies con mayor número de individuos destacan *Diplostephium farallonense* (32), *Pentacalia vaccinioides* (26), *Macleania rupestris* (24), *Hypericum laricifolium* (23), *Gaiadendron punctatum* (23) y *Gaultheria oreogena* (22). Estas especies conforman el núcleo dominante de la comunidad, reflejando la capacidad de ciertos taxones arbustivos y subarbóreos para establecerse en condiciones de alta montaña y contribuir significativamente a la estructura del ecosistema. La presencia de géneros como *Diplostephium* y *Gaultheria*, ampliamente reportados en páramos andinos, confirma su rol como componentes clave en la dinámica sucesional y en la resiliencia ecológica de estos ambientes (Pinto-Zárate & Rangel-Churio, 2010).

En contraste, varias especies presentan abundancias bajas, con registros de uno a tres individuos, como *Bromelia sp.*, *Cervantesia* Ruiz & Pav., *Diplostephium floribundum*, *Epidendrum sp.*, *Galium hypocarpium*, *Gentianella corymbosa*, *Oritrophium peruvianum*, *Oxalis sp.*, *Valeriana bracteata* y *Phlegmariurus spp*. Estos valores sugieren que dichas especies se encuentran en estado de colonización inicial o corresponden a poblaciones restringidas a microhábitats específicos. La coexistencia de especies dominantes con otras de baja abundancia refleja la alta heterogeneidad florística característica de los páramos de la Cordillera Occidental, donde la estructura comunitaria se encuentra modulada por gradientes altitudinales, condiciones edáficas y factores climáticos extremos (Rada et al., 2019).

Tabla 4. Abundancia obtenida para la Regeneración natural en la cobertura de Arbustal

NOMBRE CIENTIFICO	ABUNDANCIA
Amauropelta rudis (Kunze) Pic.Serm.	7
Arcytophyllum Willd.	8
Blechnum loxense (Kunth) Hook. ex Salomon	4
Bomarea linifolia (Kunth) Baker	10
Brachyotum lindenii Cogn.	4
Bromelia L. sp1	1
Cervantesia Ruiz & Pav.	1
Chaetogastra grossa (L.f.) P.J.F.Guim. & Michelang.	1
Chusquea tessellata Munro	5
Cortaderia nitida (Kunth) Pilg.	16
Desfontainia spinosa Ruiz & Pav.	13
Diplostephium cf. rosmarinifolium Wedd.	6
Diplostephium eriophorum Wedd.	10

NOMBRE CIENTIFICO	ABUNDANCIA
Diplostephium farallonense (Cuatrec.) Cuatrec.	32
Diplostephium floribundum Wedd.	1
Disterigma acuminatum (Kunth) Nied.	6
Elaphoglossum minutum (Pohl) T.Moore	10
Elaphoglossum sporadolepis (Kunze) T.Moore	5
Epidendrum L. sp3	1
Gaiadendron punctatum (Ruiz & Pav.) G.Don	23
Galium hypocarpium (L.) Endl. ex Griseb.	1
Gaultheria myrsinoides Kunth	9
Gaultheria oreogena A.C.Sm.	22
Gaultheria L.	14
Gentianella corymbosa (Kunth) Weaver & Rüdenberg	1
Gomphichis caucana Schltr.	6
Greigia vulcanica André	15
Gynoxys arnicae Cuatrec.	20
Hypericum cf. juniperinum Kunth	4
Hypericum laricifolium Juss.	23
Ilex suprema Cuatrec.	15
Jamesonia alstonii A.F.Tryon	6
Loricaria complanata Wedd.	8
Lycopodium clavatum L.	5
Macleania rupestris (Kunth) A.C.Sm.	24
Miconia Ruiz & Pav. Sp1	9
Monnina crassifolia (Bonpl.) Kunth	7
Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.	9
Neobartsia pedicularoides (Benth.) Uribe-Convers & Tank	4
Oreopanax Decne. & Planch. Sp1	6
Oritrophium peruvianum (Lam.) Cuatrec.	1
Oxalis L. sp1	1
Paramochloa effusa (Kunth) P.M.Peterson, Soreng, Romasch. & Barberá	16
Pentacalia vaccinioides (Kunth) Cuatrec.	26
Phlegmariurus brevifolius (Hook. & Grev.) B.Øllg.	1
Phlegmariurus hohenackeri (Herter) B.Øllg.	1
Puya Molina sp1	10
Rhynchospora macrochaeta Steud. ex Boeckeler	15
Valeriana alliariifolia Vahl	12
Valeriana bracteata Benth.	1
Valeriana cf alliariifolia Vahl	3



Figura 8. Abundancia obtenida para la Regeneración natural en la cobertura de Arbustal

4.1.3.2. Dominancia relativa

El cálculo de la dominancia relativa muestra un patrón altamente concentrado en pocas especies, con *Diplostephium farallonense* alcanzando el 48.48 % del total, lo que la convierte en la especie claramente dominante dentro de la comunidad arbustiva. Este resultado confirma su papel estructural y ecológico en el sector, consolidándola como un taxón clave en la dinámica de regeneración y en la configuración del paisaje paramuno. En segundo lugar, *Pentacalia vaccinioides* registra un 15.23 %, seguida por *Gaiadendron punctatum* con 10.18 % y Macleania rupestris con 7.09 %. Estas especies, junto con *Diplostephium cf. rosmarinifolium* (4.80 %), *Gynoxys arnicae* (4.11 %) e *Ilex suprema* (3.71 %), conforman el grupo de mayor relevancia ecológica en términos de dominancia, aportando significativamente a la estructura y funcionalidad del arbustal.

La mayoría de las especies presentan valores de dominancia nulos o cercanos a cero, lo que indica que su contribución a la biomasa y cobertura es marginal en comparación con las especies dominantes. Este patrón de distribución desigual es característico de comunidades paramunas, donde unas pocas especies adaptadas a condiciones extremas de radiación, bajas temperaturas y suelos ácidos concentran la mayor proporción de dominancia, mientras que otras mantienen poblaciones pequeñas y especializadas en microhábitats específicos (Rada et al., 2019). La fuerte concentración en *Diplostephium farallonense* y *Pentacalia vaccinioides* sugiere que estas especies cumplen un rol de estabilización ecológica, actuando como indicadores de resiliencia y como elementos clave para la conservación de la heterogeneidad florística en el páramo Pico Pance (Pinto-Zárate & Rangel-Churio, 2010).

Tabla 5. Dominancia para la Regeneración natural para la cobertura de Arbustal

NOMBRE CIENTIFICO	% DOMINANCIA
Amauropelta rudis (Kunze) Pic.Serm.	0.00%
Arcytophyllum Willd.	0.00%
Blechnum loxense (Kunth) Hook. ex Salomon	0.00%
Bomarea linifolia (Kunth) Baker	0.00%
Brachyotum lindenii Cogn.	0.00%
Bromelia L. sp1	0.00%
Cervantesia Ruiz & Pav.	0.00%
Chaetogastra grossa (L.f.) P.J.F.Guim. & Michelang.	0.00%
Chusquea tessellata Munro	0.00%
Cortaderia nitida (Kunth) Pilg.	0.00%
Desfontainia spinosa Ruiz & Pav.	0.00%
Diplostephium cf. rosmarinifolium Wedd.	4.80%
Diplostephium eriophorum Wedd.	0.43%
Diplostephium farallonense (Cuatrec.) Cuatrec.	48.48%
Diplostephium floribundum Wedd.	0.00%
Disterigma acuminatum (Kunth) Nied.	0.00%
Elaphoglossum minutum (Pohl) T.Moore	0.00%

NOMBRE CIENTIFICO	% DOMINANCIA
Elaphoglossum sporadolepis (Kunze) T.Moore	0.00%
Epidendrum L. sp3	0.00%
Gaiadendron punctatum (Ruiz & Pav.) G.Don	10.18%
Galium hypocarpium (L.) Endl. ex Griseb.	0.00%
Gaultheria myrsinoides Kunth	0.00%
Gaultheria oreogena A.C.Sm.	0.00%
Gaultheria L.	1.74%
Gentianella corymbosa (Kunth) Weaver & Rüdenberg	0.00%
Gomphichis caucana Schltr.	0.00%
Greigia vulcanica André	0.00%
Gynoxys arnicae Cuatrec.	4.11%
Hypericum cf. juniperinum Kunth	0.00%
Hypericum laricifolium Juss.	1.62%
Ilex suprema Cuatrec.	3.71%
Jamesonia alstonii A.F.Tryon	0.00%
Loricaria complanata Wedd.	0.00%
Lycopodium clavatum L.	0.00%
Macleania rupestris (Kunth) A.C.Sm.	7.09%
Miconia Ruiz & Pav. Sp1	0.00%
Monnina crassifolia (Bonpl.) Kunth	0.00%
Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.	2.09%
Neobartsia pedicularoides (Benth.) Uribe-Convers & Tank	0.00%
Oreopanax Decne. & Planch. Sp1	0.51%
Oritrophium peruvianum (Lam.) Cuatrec.	0.00%
Oxalis L. sp1	0.00%
Paramochloa effusa (Kunth) P.M.Peterson, Soreng, Romasch. & Barberá	0.00%
Pentacalia vaccinioides (Kunth) Cuatrec.	15.23%
Phlegmariurus brevifolius (Hook. & Grev.) B.Øllg.	0.00%
Phlegmariurus hohenackeri (Herter) B.Øllg.	0.00%
Puya Molina sp1	0.00%
Rhynchospora macrochaeta Steud. ex Boeckeler	0.00%
Valeriana alliariifolia Vahl	0.00%
Valeriana bracteata Benth.	0.00%
Valeriana cf alliariifolia Vahl	0.00%

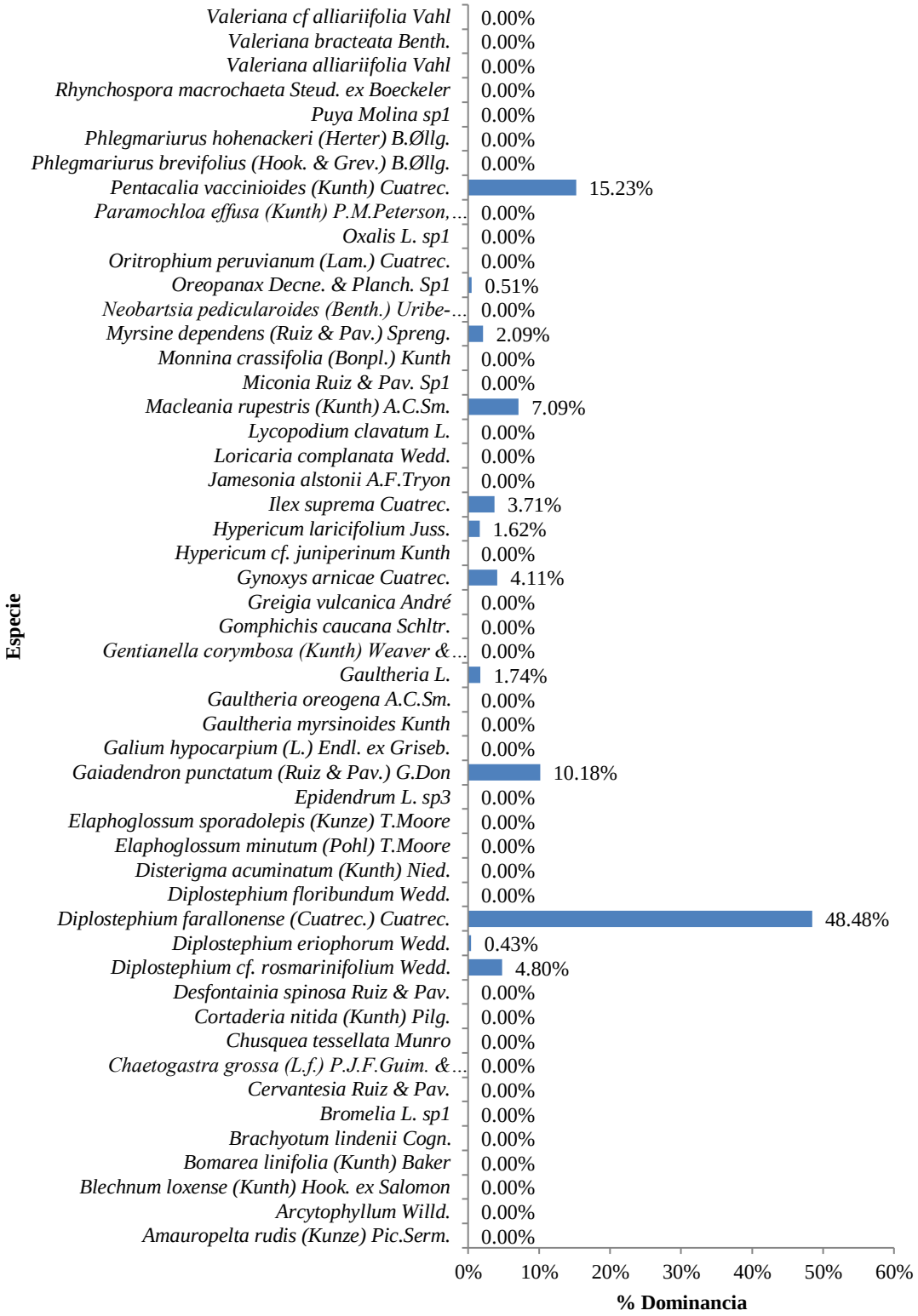


Figura 9. Dominancia para la Regeneración natural para la cobertura de Arbustal

4.1.3.3. Frecuencia relativa

La frecuencia relativa de las especies registradas en el sector de Pico Pance muestra un patrón en el que unas pocas especies alcanzan valores destacados, mientras la mayoría se distribuye en proporciones bajas. *Diplostephium farallonense* presenta la mayor frecuencia relativa (0.07), consolidándose como la especie más ampliamente distribuida en el área de muestreo. Le siguen *Pentacalia vaccinioides* (0.06), *Gaiadendron punctatum* (0.05) (Foto 4), *Gaultheria oreogena* (0.05), *Hypericum laricifolium* (0.05) y *Macleania rupestris* (0.05), todas ellas con presencia consistente en diferentes unidades de muestreo. Este grupo de especies refleja la capacidad de ciertos taxones arbustivos y subarbóreos para establecerse de manera recurrente en el ecosistema, lo que les otorga un papel clave en la estructura comunitaria y en la estabilidad ecológica del páramo.



Foto 4. ***Gaiadendron punctatum***

Fuente: Equipo Proagua - 2025

En contraste, la mayoría de las especies presentan frecuencias relativas bajas (≤0.02), incluyendo géneros como *Bomarea, Arcytophyllum, Elaphoglossum, Miconia* y *Valeriana*. Estos valores sugieren que dichas especies se encuentran distribuidas de manera más restringida, posiblemente asociadas a microhábitats específicos o a condiciones ambientales particulares. La coexistencia de especies con alta frecuencia y otras de distribución limitada refleja la heterogeneidad espacial característica de los páramos de la cordillera Occidental, donde la composición florística está modulada por gradientes altitudinales, edáficos y climáticos (Pinto-Zárate & Rangel-Churio, 2010; Rada et al., 2019). Este patrón confirma que

la comunidad arbustiva de Pico Pance combina elementos dominantes y ampliamente distribuidos con especies raras, reforzando su valor ecológico y su importancia para la conservación de la diversidad florística.

Tabla 6. Frecuencia para la Regeneración natural en Arbustal

NOMBRE CIENTIFICO	% FRECUENCIA
Amauropelta rudis (Kunze) Pic.Serm.	0.02
Arcytophyllum Willd.	0.02
Blechnum loxense (Kunth) Hook. ex Salomon	0.01
Bomarea linifolia (Kunth) Baker	0.02
Brachyotum lindenii Cogn.	0.01
Bromelia L. sp1	0.00
Cervantesia Ruiz & Pav.	0.00
Chaetogastra grossa (L.f.) P.J.F.Guim. & Michelang.	0.00
Chusquea tessellata Munro	0.01
Cortaderia nitida (Kunth) Pilg.	0.03
Desfontainia spinosa Ruiz & Pav.	0.03
Diplostephium cf. rosmarinifolium Wedd.	0.01
Diplostephium eriophorum Wedd.	0.02
Diplostephium farallonense (Cuatrec.) Cuatrec.	0.07
Diplostephium floribundum Wedd.	0.00
Disterigma acuminatum (Kunth) Nied.	0.01
Elaphoglossum minutum (Pohl) T.Moore	0.02
Elaphoglossum sporadolepis (Kunze) T.Moore	0.01
Epidendrum L. sp3	0.00
Gaiadendron punctatum (Ruiz & Pav.) G.Don	0.05
Galium hypocarpium (L.) Endl. ex Griseb.	0.00
Gaultheria myrsinoides Kunth	0.02
Gaultheria oreogena A.C.Sm.	0.05
Gaultheria L.	0.03
Gentianella corymbosa (Kunth) Weaver & Rüdenberg	0.00
Gomphichis caucana Schltr.	0.01
Greigia vulcanica André	0.03
Gynoxys arnicae Cuatrec.	0.04
Hypericum cf. juniperinum Kunth	0.01
Hypericum laricifolium Juss.	0.05
Ilex suprema Cuatrec.	0.03
Jamesonia alstonii A.F.Tryon	0.01
Loricaria complanata Wedd.	0.02
Lycopodium clavatum L.	0.01
Macleania rupestris (Kunth) A.C.Sm.	0.05
Miconia Ruiz & Pav. Sp1	0.02
Monnina crassifolia (Bonpl.) Kunth	0.02
Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.	0.02
Neobartsia pedicularoides (Benth.) Uribe-Convers & Tank	0.01

NOMBRE CIENTIFICO	% FRECUENCIA
Oreopanax Decne. & Planch. Sp1	0.01
Oritrophium peruvianum (Lam.) Cuatrec.	0.00
Oxalis L. sp1	0.00
Paramochloa effusa (Kunth) P.M.Peterson, Soreng, Romasch. & Barberá	0.03
Pentacalia vaccinioides (Kunth) Cuatrec.	0.06
Phlegmariurus brevifolius (Hook. & Grev.) B.Øllg.	0.00
Phlegmariurus hohenackeri (Herter) B.Øllg.	0.00
Puya Molina sp1	0.02
Rhynchospora macrochaeta Steud. ex Boeckeler	0.03
Valeriana alliariifolia Vahl	0.03
Valeriana bracteata Benth.	0.00
Valeriana cf alliariifolia Vahl	0.01

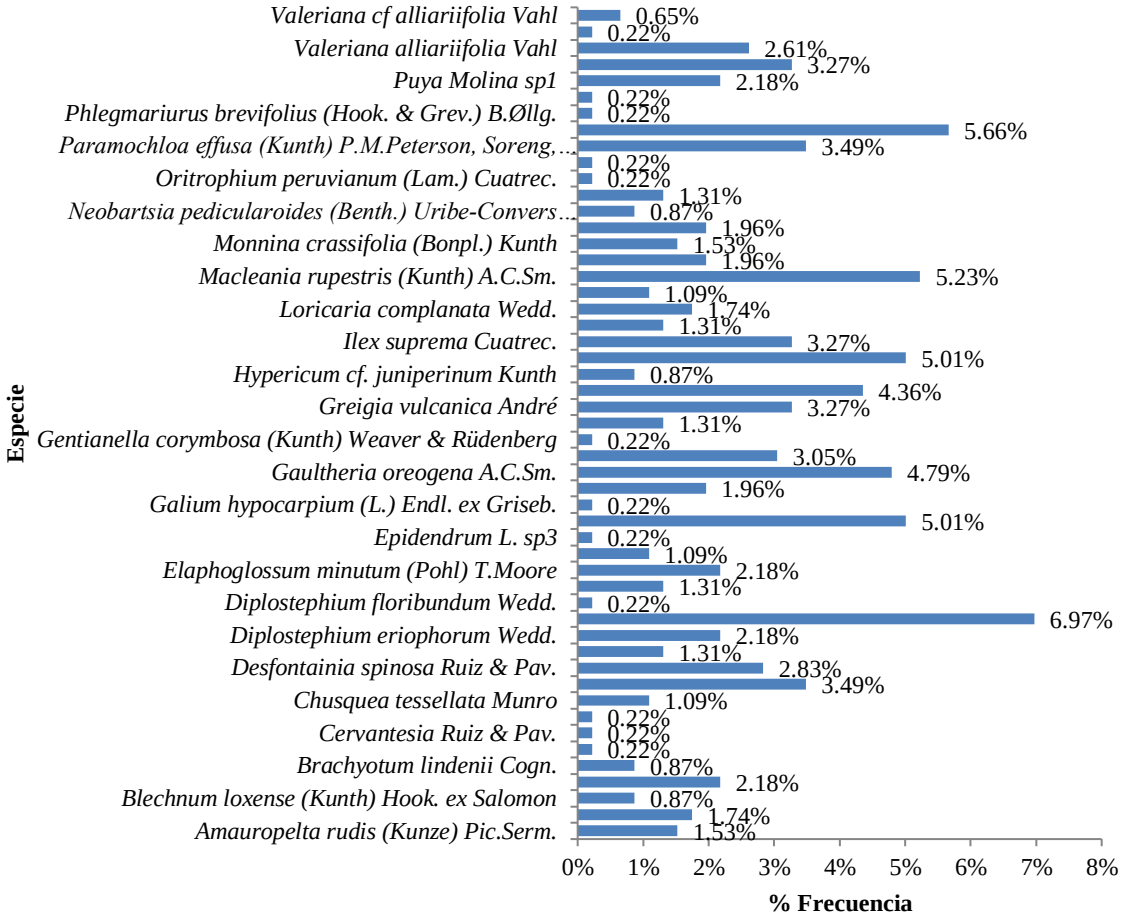


Figura 10. Frecuencia para la Regeneración natural en Arbustal

4.1.3.4. Índice de valor de importancia (IVI)

El cálculo del IVI evidencia una marcada concentración en pocas especies, con *Diplostephium farallonense* alcanzando el valor más alto (62 %), lo que confirma su papel como especie dominante y estructural dentro de la comunidad arbustiva. Este taxón no solo presenta la mayor dominancia relativa, sino también valores consistentes de abundancia y frecuencia, consolidándose como el principal componente del arbustal en el sector de Pico Pance. En segundo lugar, *Pentacalia vaccinioides* registra un IVI de 27 %, seguida por *Gaiadendron punctatum* (20 %) y *Macleania rupestris* (18 %). Estas especies conforman el núcleo ecológico de mayor relevancia, aportando significativamente a la biomasa, cobertura y distribución espacial del arbustal.

Otras especies con valores intermedios de IVI incluyen *Gynoxys arnicae* (13 %), *Hypericum laricifolium (12 %), Gaultheria oreogena (10 %), Ilex suprema (10 %)* y *Diplostephium cf. rosmarinifolium* (7 %). Aunque sus valores son menores en comparación con las especies dominantes, su presencia recurrente y su aporte a la heterogeneidad florística refuerzan la resiliencia del ecosistema. La mayoría de las especies restantes presentan valores de IVI cercanos a cero, lo que indica que su contribución a la estructura comunitaria es marginal y se restringe a microhábitats específicos. Este patrón, caracterizado por la coexistencia de especies altamente dominantes con otras de baja representación, es típico de los páramos andinos, donde la dinámica ecológica está regulada por condiciones extremas y gradientes ambientales (Pinto-Zárate & Rangel-Churio, 2010; Rada et al., 2019).

Tabla 7. IVI obtenido para la Regeneración Natural en la cobertura Arbustal

NOMBRE CIENTIFICO	% ABUNDANCIA	% DOMINANCIA	% FRECUENCIA	%IVI
Amauropelta rudis (Kunze) Pic.Serm.	0.02	0.00	0.02	0.03
Arcytophyllum Willd.	0.02	0.00	0.02	0.03
Blechnum loxense (Kunth) Hook. ex Salomon	0.01	0.00	0.01	0.02
Bomarea linifolia (Kunth) Baker	0.02	0.00	0.02	0.04
Brachyotum lindenii Cogn.	0.01	0.00	0.01	0.02
Bromelia L. sp1	0.00	0.00	0.00	0.00
Cervantesia Ruiz & Pav.	0.00	0.00	0.00	0.00
Chaetogastra grossa (L.f.) P.J.F.Guim. & Michelang.	0.00	0.00	0.00	0.00
Chusquea tessellata Munro	0.01	0.00	0.01	0.02
Cortaderia nitida (Kunth) Pilg.	0.03	0.00	0.03	0.07
Desfontainia spinosa Ruiz & Pav.	0.03	0.00	0.03	0.06
Diplostephium cf. rosmarinifolium Wedd.	0.01	0.05	0.01	0.07
Diplostephium eriophorum Wedd.	0.02	0.00	0.02	0.05
Diplostephium farallonense (Cuatrec.) Cuatrec.	0.07	0.48	0.07	0.62
Diplostephium floribundum Wedd.	0.00	0.00	0.00	0.00
Disterigma acuminatum (Kunth) Nied.	0.01	0.00	0.01	0.03
Elaphoglossum minutum (Pohl) T.Moore	0.02	0.00	0.02	0.04
Elaphoglossum sporadolepis (Kunze) T.Moore	0.01	0.00	0.01	0.02

NOMBRE CIENTIFICO	% ABUNDANCIA	% DOMINANCIA	% FRECUENCIA	%IVI
Epidendrum L. sp3	0.00	0.00	0.00	0.00
Gaiadendron punctatum (Ruiz & Pav.) G.Don	0.05	0.10	0.05	0.20
Galium hypocarpium (L.) Endl. ex Griseb.	0.00	0.00	0.00	0.00
Gaultheria myrsinoides Kunth	0.02	0.00	0.02	0.04
Gaultheria oreogena A.C.Sm.	0.05	0.00	0.05	0.10
Gaultheria L.	0.03	0.02	0.03	0.08
Gentianella corymbosa (Kunth) Weaver & Rüdenberg	0.00	0.00	0.00	0.00
Gomphichis caucana Schltr.	0.01	0.00	0.01	0.03
Greigia vulcanica André	0.03	0.00	0.03	0.07
Gynoxys arnicae Cuatrec.	0.04	0.04	0.04	0.13
Hypericum cf. juniperinum Kunth	0.01	0.00	0.01	0.02
Hypericum laricifolium Juss.	0.05	0.02	0.05	0.12
Ilex suprema Cuatrec.	0.03	0.04	0.03	0.10
Jamesonia alstonii A.F.Tryon	0.01	0.00	0.01	0.03
Loricaria complanata Wedd.	0.02	0.00	0.02	0.03
Lycopodium clavatum L.	0.01	0.00	0.01	0.02
Macleania rupestris (Kunth) A.C.Sm.	0.05	0.07	0.05	0.18
Miconia Ruiz & Pav. Sp1	0.02	0.00	0.02	0.04
Monnina crassifolia (Bonpl.) Kunth	0.02	0.00	0.02	0.03
Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.	0.02	0.02	0.02	0.06
Neobartsia pedicularoides (Benth.) Uribe-Convers & Tank	0.01	0.00	0.01	0.02
Oreopanax Decne. & Planch. Sp1	0.013071895	0.005115703	0.013071895	0.03
Oritrophium peruvianum (Lam.) Cuatrec.	0.002178649	0	0.002178649	0.00
Oxalis L. sp1	0.002178649	0	0.002178649	0.00
Paramochloa effusa (Kunth) P.M.Peterson, Soreng, Romasch. & Barberá	0.034858388	0	0.034858388	0.07
Pentacalia vaccinioides (Kunth) Cuatrec.	0.05664488	0.152312058	0.05664488	0.27
Phlegmariurus brevifolius (Hook. & Grev.) B.Øllg.	0.002178649	0	0.002178649	0.00
Phlegmariurus hohenackeri (Herter) B.Øllg.	0.002178649	0	0.002178649	0.00
Puya Molina sp1	0.021786492	0	0.021786492	0.04
Rhynchospora macrochaeta Steud. ex Boeckeler	0.032679739	0	0.032679739	0.07
Valeriana alliariifolia Vahl	0.026143791	0	0.026143791	0.05
Valeriana bracteata Benth.	0.002178649	0	0.002178649	0.00
Valeriana cf alliariifolia Vahl	0.006535948	0	0.006535948	0.01

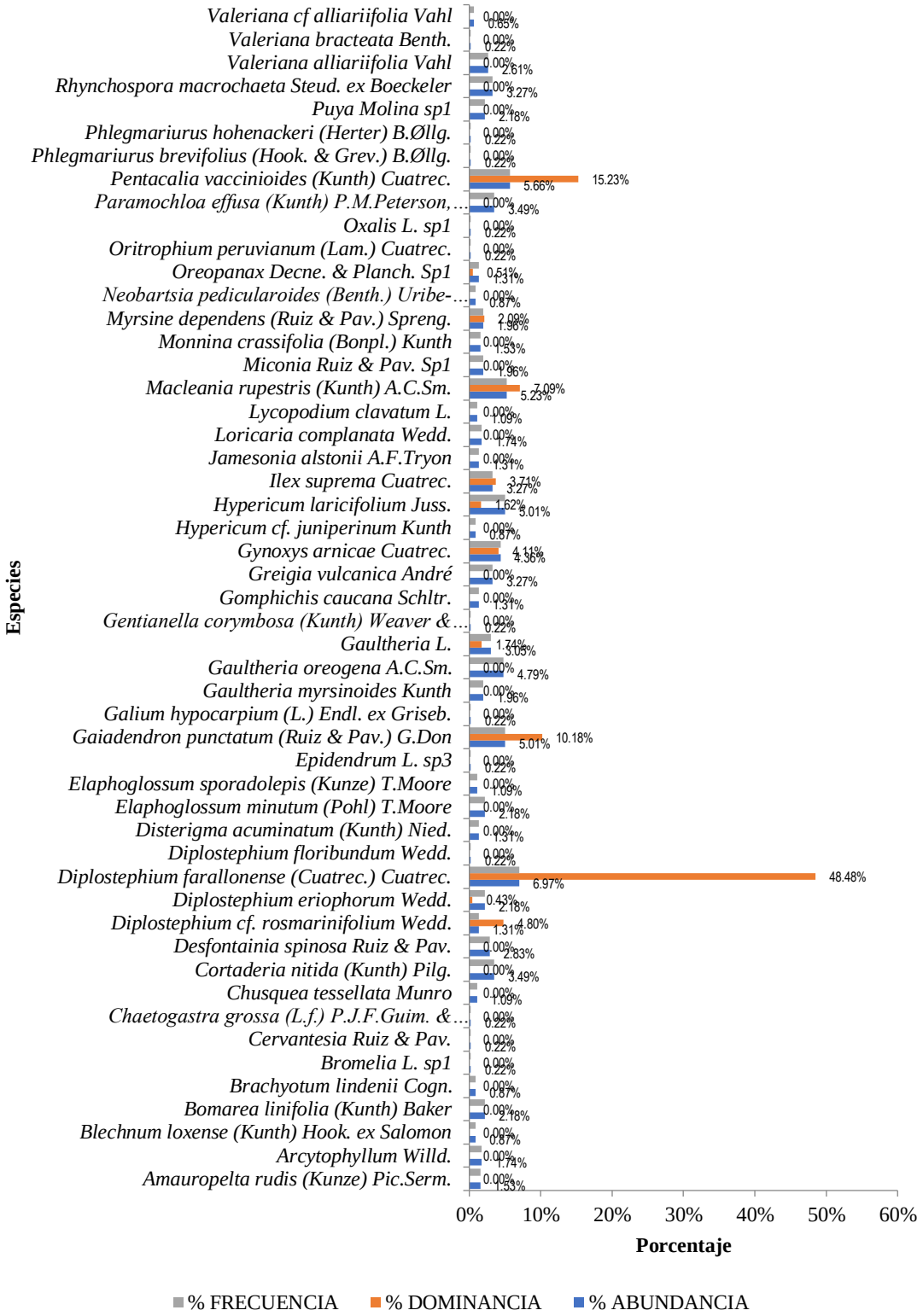


Figura 11. IVI obtenido para la Regeneración Natural en la cobertura Arbustal

4.1.3.5. Representatividad del muestreo

- **Curvas de acumulación de especies**

La curva de acumulación de especies obtenida a partir de 6 unidades muestrales en el sector Pico Pance revela una riqueza observada de 51 especies, frente a estimaciones superiores de riqueza potencial según distintos modelos: ACE (58.16), ICE (60.72), Chao 2 (72.88), Jackknife 2 (71.9) y Bootstrap (56.54). Estos valores permiten calcular la eficiencia del muestreo, que oscila entre el 70% y el 90%, siendo Bootstrap el más eficiente (90.2%) y Chao 2 el menos (70.0%). Este rango sugiere que, aunque el esfuerzo de muestreo fue considerable, aún existe una proporción significativa de especies no detectadas, especialmente de baja frecuencia o distribución restringida (Colwell & Coddington, 1994).

La curva observada muestra una tendencia ascendente con signos de estabilización, lo que indica que el muestreo logró capturar la mayoría de las especies comunes del arbustal. Sin embargo, los estimadores no paramétricos como ICE y Chao 2, que son sensibles a la presencia de especies raras, predicen una riqueza mayor, lo que sugiere que el ecosistema alberga una diversidad oculta que podría revelarse con un esfuerzo adicional. La distribución de especies por unidad muestral confirma esta interpretación: algunas especies como *Diplostephium farallonense, Pentacalia vaccinioides, Macleania rupestris* y *Gaiadendron punctatum* aparecen en múltiples unidades, mientras que otras como *Gentianella corymbosa, Oxalis* sp. y *Valeriana bracteata* se registran solo una vez, indicando rareza o especialización microambiental.

En conjunto, el análisis de representatividad sugiere que el muestreo fue adecuado para caracterizar la estructura general del arbustal, pero que la riqueza florística total podría estar subestimada. Se recomienda ampliar el número de unidades muestrales y aplicar métodos complementarios como muestreo dirigido por hábitat o técnicas de detección molecular para capturar la diversidad críptica y mejorar la precisión de los inventarios florísticos en ecosistemas de alta montaña como Pico Pance.

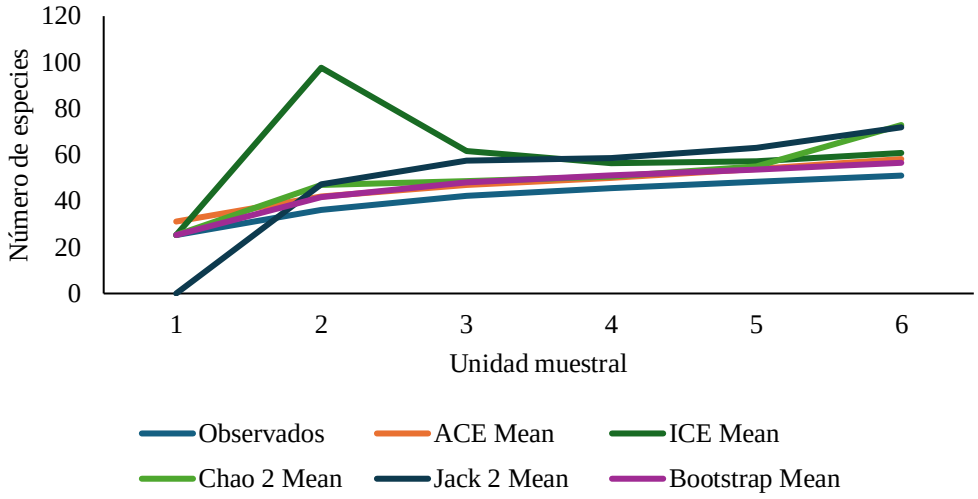


Figura 12. Curva de acumulación de especies – Flora Arbustal

Tabla 8. Relación de los índices de acumulación de especies para la cobertura Arbustal

UNIDADES MUESTRALES	ESPECIES OBSERVADAS	Ace	Ice	Chao 2	Jack 2	Bootstrap
6	51	58.16	60.72	72.88	71.9	56.54
% EFICIENCIA DEL MUESTREO		87.7	84.0	70.0	70.9	90.2

4.1.3.6. Análisis de diversidad alfa

Los índices de diversidad alfa calculados para el arbustal del sector Pico Pance reflejan una comunidad vegetal altamente diversa y estructuralmente compleja. El índice de Simpson (λ = 0.03) indica una baja probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie, lo que sugiere una alta equidad en la distribución de abundancias. Esta interpretación se refuerza con el valor complementario Simpson (1–D = 0.97), que confirma una diversidad muy elevada, y con el índice de recíproco de dominancia Simpson (1/D = 29.58), que señala la presencia de múltiples especies con abundancias similares, sin que una sola domine el conjunto.

El índice de Shannon (H′ = 3.58) también respalda esta conclusión, indicando una comunidad con alta riqueza específica y distribución equitativa. Valores superiores a 3 en este índice suelen asociarse a ecosistemas con alta complejidad ecológica y estabilidad funcional (Magurran, 2004). Por su parte, los índices de riqueza específica como Margalef (D□g = 8.16) y Menhinick (D□n = 2.38) reflejan una elevada proporción de especies respecto al número total de individuos, lo que es característico de ecosistemas de alta montaña con condiciones ambientales exigentes pero baja perturbación antrópica.

En conjunto, estos indicadores confirman que el arbustal de Pico Pance alberga una comunidad vegetal diversa, equitativa y ecológicamente significativa, con alta representatividad florística y potencial de conservación. La combinación de riqueza específica, equidad y baja dominancia sugiere que el ecosistema se encuentra en un estado funcionalmente saludable, reforzando su valor como núcleo de biodiversidad en los páramos de la cordillera Occidental.

Tabla 9. Índices de diversidad estimados.

Índice	BF
Simpson (λ)	0.03
Simpson (1-D)	0.97
Simpson (1/D)	29.58
Shannon (H')	3.58
Mergalef D(Mg)	8.16
Menhinick D(Mn)	2.38

- **Coeficiente de mezcla**

El coeficiente de mezcla calculado para la comunidad arbustiva del sector Pico Pance, con 51 especies y 459 individuos, alcanza un valor de 11.11 %. Este indicador refleja la proporción de especies respecto al número total de individuos y constituye una medida de la diversidad estructural del ecosistema. En este caso, el valor relativamente bajo sugiere una tendencia hacia la baja diversidad, lo que significa que, aunque se registra una riqueza florística considerable, la distribución de individuos está concentrada en unas pocas especies dominantes, reduciendo la equidad en la comunidad.

Este patrón es consistente con los resultados obtenidos en los índices de dominancia e IVI, donde *Diplostephium farallonense* y *Pentacalia vaccinioides* concentran gran parte de la importancia ecológica. La baja mezcla indica que la comunidad presenta un grado de especialización y que las especies dominantes cumplen un rol estructural clave en la configuración del arbustal. En términos ecológicos, este resultado sugiere que el ecosistema mantiene estabilidad funcional, pero con una composición que podría ser vulnerable a cambios ambientales si las especies dominantes se ven afectadas (Magurran, 2004).

Tabla 10. Coeficiente de Mezcla para la Cobertura Arbustal

No. ESPECIES	No. INDIVIDUOS	COEFICIENTE DE MEZCLA	TENDENCIA
51	459	11.11%	Tendencia a la baja diversidad

4.1.4. Herbazales: Composición florística de la Regeneración Natural Herbazales

La cobertura herbazal registrada en el sector de Pico Pance se distingue por una composición florística adaptada a condiciones de alta montaña, con predominio de especies de porte bajo, hojas reducidas y estructuras morfológicas especializadas para resistir radiación intensa, bajas temperaturas y suelos ácidos. A diferencia del arbustal, la herbácea se distribuye de forma más homogénea en el paisaje, ocupando espacios abiertos entre rocas, pajonales y zonas de transición hacia turberas.

La cobertura herbácea del sector Pico Pance presenta una estructura diversa y funcionalmente activa, con 272 individuos distribuidos en cinco unidades muestrales. Se registraron especies pertenecientes a 26 familias botánicas, destacándose Asteraceae, Poaceae, Ericaceae, Caprifoliaceae y Orchidaceae como las más representativas en términos de riqueza y abundancia. La presencia de géneros como *Cortaderia, Paramochloa, Gaultheria, Valeriana, Diplostephium* y *Puya* evidencia una comunidad herbácea adaptada a condiciones de alta montaña, con estrategias morfológicas y fisiológicas que favorecen la colonización de espacios abiertos, rocosos y húmedos.

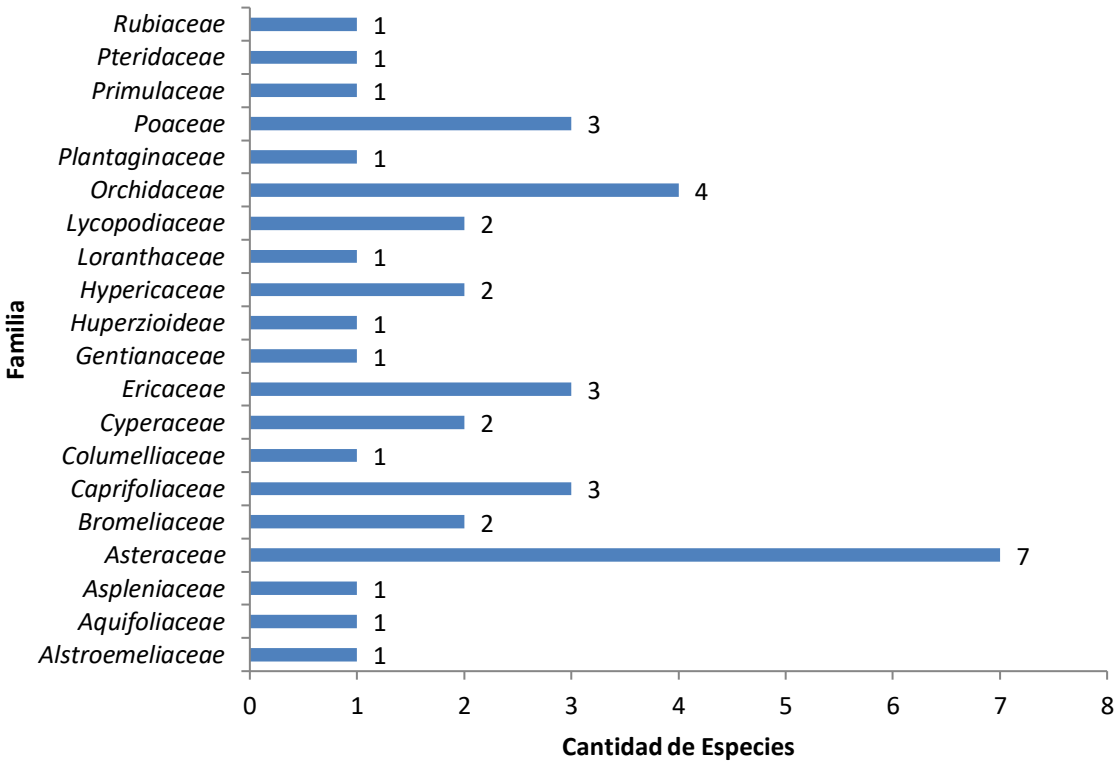


Figura 13. Composición por familias de la regeneración en la cobertura de Herbazal

Entre las especies con mayor número de individuos destacan *Gaultheria oreogena* (23), *Cortaderia nitida* (20), *Puya sp.* (17), *Paramochloa effusa* (15), *Pentacalia vaccinioides* (15),

Jamesonia alstonii (14), *Diplostephium eriophorum* (14) y *Loricaria complanata* (21), lo que sugiere una dominancia funcional de gramíneas, rosetas caulescentes y helechos en la cobertura basal. La distribución espacial muestra una alta heterogeneidad entre unidades muestrales, con especies como *Gentianella corymbosa* (**Foto 5**), *Plantago rigida* y *Phlegmariurus spp*. restringidas a sitios específicos, lo que indica la existencia de microhábitats diferenciados y gradientes ambientales internos.



Foto 5. ***Gentianella corymbosa***
Fuente: Equipo Proagua - 2025

La coexistencia de especies de alta frecuencia con otras de presencia puntual refuerza la complejidad ecológica del herbazal, y sugiere que esta cobertura cumple funciones clave en la retención hídrica, la estabilización del suelo y la conectividad biológica entre parches vegetales. La presencia de especies epífitas, hemiparásitas y de turbera como *Gaiadendron punctatum*, *Oreobolus sp*. y *Desfontainia spinosa* amplía el espectro funcional del herbazal, posicionándolo como un componente esencial en la dinámica ecológica del páramo Pico Pance.

Tabla 11. Caracterización Florística para la Regeneración natural en la cobertura de Herbazal

Familia	Especie	Nombre Común
Alstroemeliaceae	*Bomarea linifolia (Kunth) Baker*	Cortapicos
Aquifoliaceae	*Ilex suprema Cuatrec.*	-
Aspleniaceae	*Blechnum loxense (Kunth) Hook. ex Salomon*	-
Asteraceae	*Diplostephium cf. rosmarinifolium Wedd.*	-
	Diplostephium eriophorum Wedd.	-
	Diplostephium farallonense (Cuatrec.) Cuatrec.	-
	Loricaria complanata Wedd.	-
	Mniodes radians (Benth.) S.E.Freire, Chemisquy, Anderb. & Urtubey	-
	Oritrophium peruvianum (Lam.) Cuatrec.	-
	Pentacalia vaccinioides (Kunth) Cuatrec.	Chilquilla menuda
Bromeliaceae	*Greigia vulcanica André*	Piñuela
	Puya Molina sp1	Puya
Caprifoliaceae	*Valeriana alliariifolia Vahl*	Valeriana
	Valeriana bracteata Benth.	-
	Valeriana cf alliariifolia Vahl	Valeriana
Columelliaceae	*Desfontainia spinosa Ruiz & Pav.*	Almaguereña
Cyperaceae	*Oreobolus R.Br. Sp1*	-
	Rhynchospora macrochaeta Steud. ex Boeckeler	Pasto
Ericaceae	*Disterigma acuminatum (Kunth) Nied.*	-
	Gaultheria myrsinoides Kunth	-
	Gaultheria oreogena A.C.Sm.	-
Gentianaceae	*Gentianella corymbosa (Kunth) Weaver & Rüdenberg*	-
Huperzioideae	*Phlegmariurus brevifolius (Hook. & Grev.) B.Øllg.*	-
Hypericaceae	*Hypericum cf. juniperinum Kunth*	-
	Hypericum laricifolium Juss.	-
Loranthaceae	*Gaiadendron punctatum (Ruiz & Pav.) G.Don*	Tagua
Lycopodiaceae	*Lycopodium clavatum L.*	-
	Phlegmariurus hohenackeri (Herter) B.Øllg.	-
Orchidaceae	*Epidendrum L. sp2*	-
	Epidendrum L. sp3	-
	Gomphichis caucana Schltr.	-
	Orchidaceae Juss. 1	-
Plantaginaceae	*Plantago rigida Kunth*	-
Poaceae	*Chusquea tessellata Munro*	Chusque
	Cortaderia nitida (Kunth) Pilg.	Cortadera
	Paramochloa effusa (Kunth) P.M.Peterson, Soreng, Romasch. & Barberá	-
Primulaceae	*Myrsine dependens (Ruiz &Pav.) Spreng.*	-
Pteridaceae	*Jamesonia alstonii A.F.Tryon*	-
Rubiaceae	*Arcytophyllum Willd.*	-

El análisis de volúmenes comerciales y totales en la cobertura herbácea muestra que la gran mayoría de las especies registradas presentan valores nulos, lo que confirma que esta comunidad está conformada principalmente por individuos de porte bajo, sin acumulación significativa de biomasa aprovechable. Este patrón es característico de los herbazales de páramo, donde la vegetación cumple funciones ecológicas esenciales —como la retención hídrica, la protección del suelo y la regulación microclimática— más que un rol productivo en términos de volumen maderable (**Tabla 12**).

Dentro de los registros, únicamente se observan valores positivos mínimos en tres especies: *Diplostephium eriophorum* (volumen total de 0.000002 m³), *Ilex suprema* (0.000008 m³) y *Pentacalia vaccinioides* (0.000021 m³). Aunque estos valores son extremadamente bajos, reflejan la presencia de taxones con potencial de acumulación de biomasa en el largo plazo, especialmente aquellos con hábito arbustivo o subarbóreo que pueden alcanzar mayor desarrollo estructural en condiciones favorables. Sin embargo, en el contexto actual, la cobertura herbácea se caracteriza por su baja densidad de volumen y su relevancia ecológica más que económica, reforzando la idea de que su principal aporte radica en la diversidad florística y funcional del ecosistema (Rangel-Churio & Pinto-Zárate, 2009).

Tabla 12.Volumen total para la Regeneración natural en la cobertura de Arbustal

ESPECIE	VOLUMEN COMERCIAL (m³)	VOLUMEN TOTAL (m³)
Arcytophyllum Willd.	0.000000	0.000000
Blechnum loxense (Kunth) Hook. ex Salomon	0.000000	0.000000
Bomarea linifolia (Kunth) Baker	0.000000	0.000000
Chusquea tessellata Munro	0.000000	0.000000
Cortaderia nitida (Kunth) Pilg.	0.000000	0.000000
Desfontainia spinosa Ruiz & Pav.	0.000000	0.000000
Diplostephium cf. rosmarinifolium Wedd.	0.000000	0.000000
Diplostephium eriophorum Wedd.	0.000000	0.000002
Diplostephium farallonense (Cuatrec.) Cuatrec.	0.000000	0.000000
Disterigma acuminatum (Kunth) Nied.	0.000000	0.000000
Epidendrum L. sp2	0.000000	0.000000
Epidendrum L. sp3	0.000000	0.000000
Gaiadendron punctatum (Ruiz & Pav.) G.Don	0.000000	0.000000
Gaultheria myrsinoides Kunth	0.000000	0.000000
Gaultheria oreogena A.C.Sm.	0.000000	0.000000
Gentianella corymbosa (Kunth) Weaver & Rüdenberg	0.000000	0.000000
Gomphichis caucana Schltr.	0.000000	0.000000
Greigia vulcanica André	0.000000	0.000000
Hypericum cf. juniperinum Kunth	0.000000	0.000000
Hypericum laricifolium Juss.	0.000000	0.000000
Ilex suprema Cuatrec.	0.000000	0.000008
Jamesonia alstonii A.F.Tryon	0.000000	0.000000
Loricaria complanata Wedd.	0.000000	0.000000

ESPECIE	VOLUMEN COMERCIAL (m³)	VOLUMEN TOTAL (m³)
Lycopodium clavatum L.	0.000000	0.000000
Mniodes radians (Benth.) S.E.Freire, Chemisquy, Anderb. & Urtubey	0.000000	0.000000
Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.	0.000000	0.000000
Orchidaceae Juss. 1	0.000000	0.000000
Oreobolus R.Br. Sp1	0.000000	0.000000
Oritrophium peruvianum (Lam.) Cuatrec.	0.000000	0.000000
Paramochloa effusa (Kunth) P.M.Peterson, Soreng, Romasch. & Barberá	0.000000	0.000000
Pentacalia vaccinioides (Kunth) Cuatrec.	0.000000	0.000021
Phlegmariurus brevifolius (Hook. & Grev.) B.Øllg.	0.000000	0.000000
Phlegmariurus hohenackeri (Herter) B.Øllg.	0.000000	0.000000
Plantago rigida Kunth	0.000000	0.000000
Puya Molina sp1	0.000000	0.000000
Rhynchospora macrochaeta Steud. ex Boeckeler	0.000000	0.000000
Valeriana alliariifolia Vahl	0.000000	0.000000
Valeriana bracteata Benth.	0.000000	0.000000
Valeriana cf alliariifolia Vahl	0.000000	0.000000

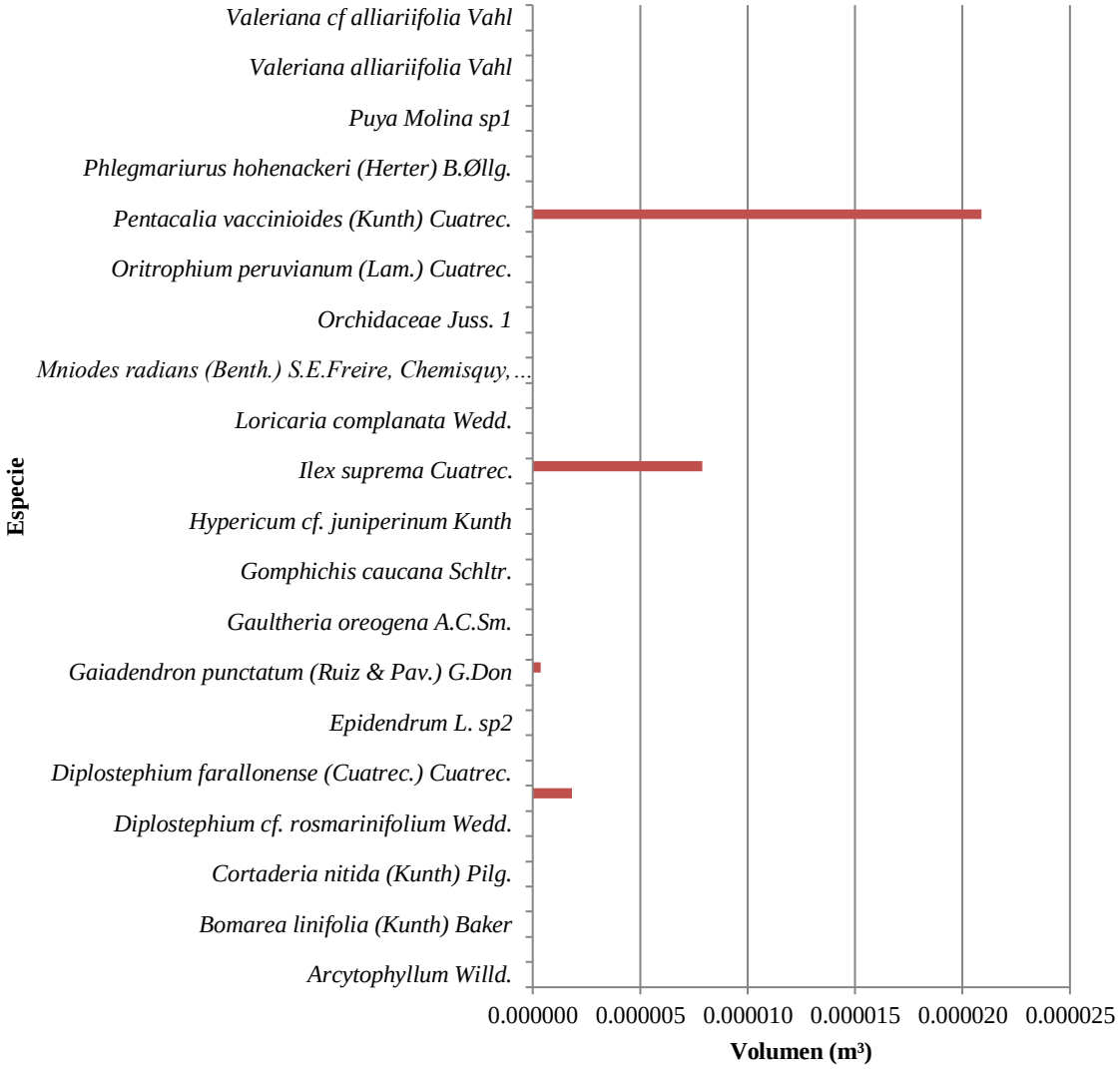


Figura 14. Volumen total para la Regeneración natural en la cobertura de Arbustal

4.1.4.1. Indicadores de la estructura horizontal

- **Abundancia**

La cobertura herbácea en Pico Pance presenta una estructura de abundancia dominada por especies adaptadas a condiciones de alta montaña, con un total de 272 individuos distribuidos en cinco unidades muestrales. Las especies más abundantes incluyen *Gaultheria oreogena* (23), *Cortaderia nitida* (20), *Puya sp.* (17), *Paramochloa effusa* (15), *Pentacalia vaccinioides* (15), *Jamesonia alstonii* (14), *Diplostephium eriophorum* (14) y *Loricaria complanata* (21). Este

grupo concentra más del 50 % de los individuos registrados, lo que indica una dominancia funcional en la cobertura basal del ecosistema (**Tabla 13**).

La distribución de abundancias revela una comunidad con alta diversidad específica pero con concentración en ciertos taxones que cumplen roles ecológicos clave, como gramíneas, rosetas caulescentes, helechos y arbustos de porte bajo. La presencia de especies con abundancias intermedias como *Hypericum laricifolium (8), Valeriana bracteata (8), Gomphichis caucana (5) y Plantago rigida* (5) sugiere una estructura escalonada que aporta complejidad vertical y funcional al herbazal. Por otro lado, se registran múltiples especies con abundancias bajas (≤3 individuos), como *Blechnum loxense, Desfontainia spinosa, Greigia vulcanica, Gentianella corymbosa, Phlegmariurus spp. y Orchidaceae Juss. 1*, lo que indica la existencia de microhábitats especializados y condiciones locales que favorecen la presencia de taxones raros o de distribución restringida. Esta coexistencia de especies dominantes y raras refuerza la heterogeneidad florística del herbazal y su valor como refugio ecológico en el contexto del páramo occidental.

Tabla 13. Abundancia obtenida para la Regeneración natural en la cobertura de Herbazal

NOMBRE CIENTIFICO	ABUNDANCIA
Arcytophyllum Willd.	2
Blechnum loxense (Kunth) Hook. ex Salomon	1
Bomarea linifolia (Kunth) Baker	3
Chusquea tessellata Munro	3
Cortaderia nitida (Kunth) Pilg.	20
Desfontainia spinosa Ruiz & Pav.	1
Diplostephium cf. rosmarinifolium Wedd.	1
Diplostephium eriophorum Wedd.	14
Diplostephium farallonense (Cuatrec.) Cuatrec.	5
Disterigma acuminatum (Kunth) Nied.	3
Epidendrum L. sp2	2
Epidendrum L. sp3	2
Gaiadendron punctatum (Ruiz & Pav.) G.Don	10
Gaultheria myrsinoides Kunth	6
Gaultheria oreogena A.C.Sm.	23
Gentianella corymbosa (Kunth) Weaver & Rüdenberg	6
Gomphichis caucana Schltr.	5
Greigia vulcanica André	1
Hypericum cf. juniperinum Kunth	12
Hypericum laricifolium Juss.	8
Ilex suprema Cuatrec.	2
Jamesonia alstonii A.F.Tryon	14
Loricaria complanata Wedd.	21
Lycopodium clavatum L.	4

NOMBRE CIENTIFICO	ABUNDANCIA
Mniodes radians (Benth.) S.E.Freire, Chemisquy, Anderb. & Urtubey	1
Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.	2
Orchidaceae Juss. 1	1
Oreobolus R.Br. Sp1	3
Oritrophium peruvianum (Lam.) Cuatrec.	4
Paramochloa effusa (Kunth) P.M.Peterson, Soreng, Romasch. & Barberá	15
Pentacalia vaccinioides (Kunth) Cuatrec.	15
Phlegmariurus brevifolius (Hook. & Grev.) B.Øllg.	3
Phlegmariurus hohenackeri (Herter) B.Øllg.	4
Plantago rigida Kunth	5
Puya Molina sp1	17
Rhynchospora macrochaeta Steud. ex Boeckeler	9
Valeriana alliariifolia Vahl	9
Valeriana bracteata Benth.	8
Valeriana cf alliariifolia Vahl	7

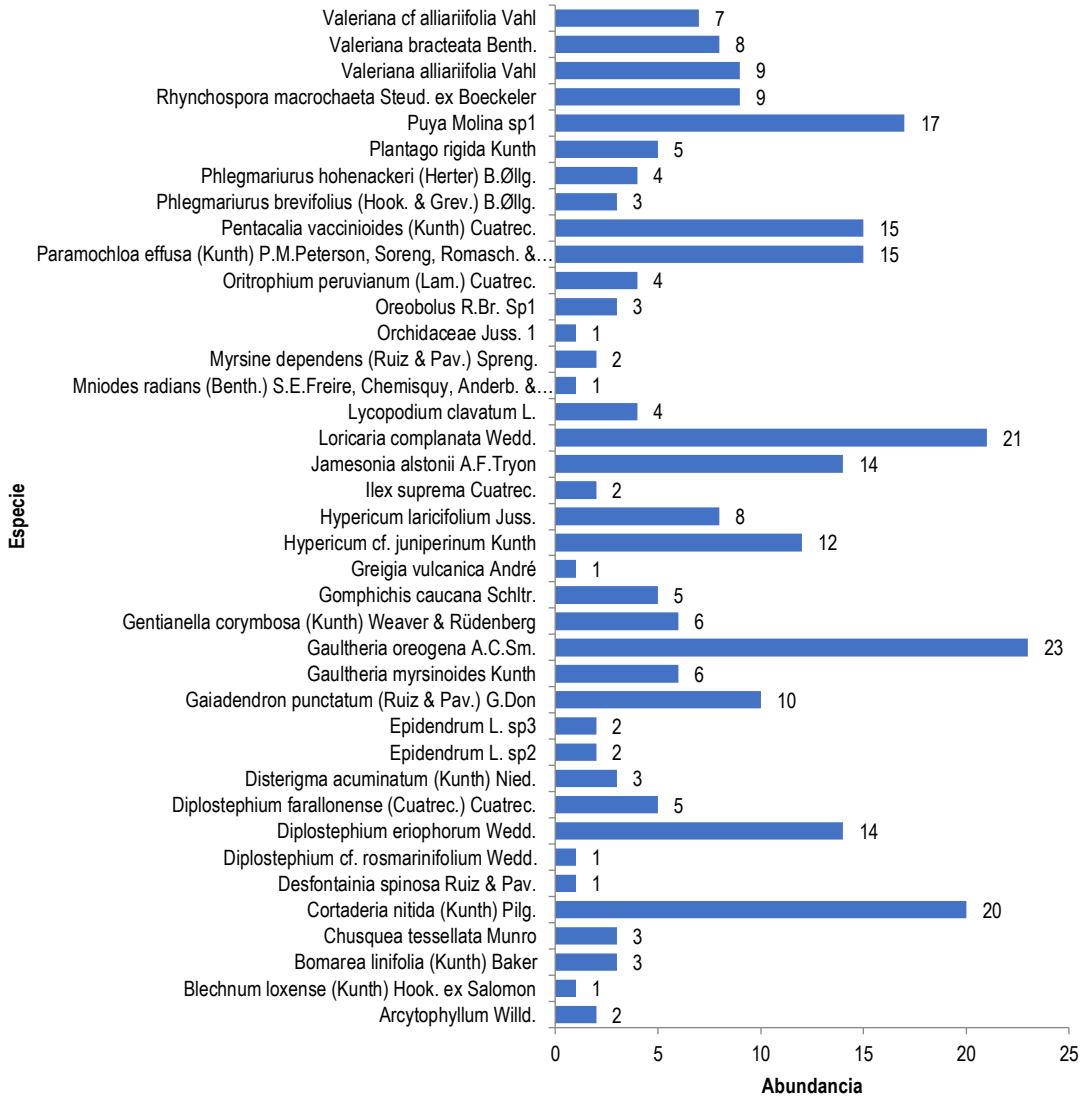


Figura 15. Abundancia obtenida para la Regeneración natural en la cobertura de Herbazal

4.1.4.2. Dominancia relativa

La estructura de dominancia relativa en la cobertura herbácea revela una marcada concentración en dos especies: *Pentacalia vaccinioides* (59.16 %) e *Ilex suprema* (33.71 %), que juntas representan más del 92 % de la dominancia total registrada. Este patrón indica que, aunque la comunidad herbácea presenta una diversidad florística considerable, la biomasa y el área cubierta están fuertemente influenciadas por estos dos taxones. Su predominio sugiere un papel estructural clave en la configuración del herbazal, posiblemente asociado

a su capacidad de expansión vegetativa, tolerancia a condiciones extremas y eficiencia en la ocupación del espacio (**Tabla 14**).

Diplostephium eriophorum aporta un 5.95 % adicional, lo que lo posiciona como una especie secundaria en términos de dominancia, pero aún relevante en la estructura funcional del ecosistema. El resto de las especies registradas presentan valores de dominancia nulos, lo que indica que su contribución a la cobertura física del herbazal es marginal, aunque pueden desempeñar roles ecológicos importantes en términos de diversidad funcional, polinización, dispersión o especialización microambiental.

Este patrón de dominancia altamente concentrada es típico de comunidades vegetales en ambientes de alta montaña, donde unas pocas especies adaptadas a condiciones extremas logran establecerse con éxito y ocupar grandes proporciones del espacio disponible (Rangel-Churio & Pinto-Zárate, 2009). La presencia simultánea de especies dominantes y subordinadas refuerza la complejidad ecológica del herbazal y su importancia como componente resiliente del ecosistema paramuno.

Tabla 14. Dominancia para la Regeneración natural para la cobertura de Herbazal

NOMBRE CIENTIFICO	% DOMINANCIA
Arcytophyllum Willd.	0.00%
Blechnum loxense (Kunth) Hook. ex Salomon	0.00%
Bomarea linifolia (Kunth) Baker	0.00%
Chusquea tessellata Munro	0.00%
Cortaderia nitida (Kunth) Pilg.	0.00%
Desfontainia spinosa Ruiz & Pav.	0.00%
Diplostephium cf. rosmarinifolium Wedd.	0.00%
Diplostephium eriophorum Wedd.	5.95%
Diplostephium farallonense (Cuatrec.) Cuatrec.	0.00%
Disterigma acuminatum (Kunth) Nied.	0.00%
Epidendrum L. sp2	0.00%
Epidendrum L. sp3	0.00%
Gaiadendron punctatum (Ruiz & Pav.) G.Don	1.18%
Gaultheria myrsinoides Kunth	0.00%
Gaultheria oreogena A.C.Sm.	0.00%
Gentianella corymbosa (Kunth) Weaver & Rüdenberg	0.00%
Gomphichis caucana Schltr.	0.00%
Greigia vulcanica André	0.00%
Hypericum cf. juniperinum Kunth	0.00%
Hypericum laricifolium Juss.	0.00%
Ilex suprema Cuatrec.	33.71%
Jamesonia alstonii A.F.Tryon	0.00%
Loricaria complanata Wedd.	0.00%
Lycopodium clavatum L.	0.00%

NOMBRE CIENTIFICO	% DOMINANCIA
Mniodes radians (Benth.) S.E.Freire, Chemisquy, Anderb. & Urtubey	0.00%
Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.	0.00%
Orchidaceae Juss. 1	0.00%
Oreobolus R.Br. Sp1	0.00%
Oritrophium peruvianum (Lam.) Cuatrec.	0.00%
Paramochloa effusa (Kunth) P.M.Peterson, Soreng, Romasch. & Barberá	0.00%
Pentacalia vaccinioides (Kunth) Cuatrec.	59.16%
Phlegmariurus brevifolius (Hook. & Grev.) B.Øllg.	0.00%
Phlegmariurus hohenackeri (Herter) B.Øllg.	0.00%
Plantago rigida Kunth	0.00%
Puya Molina sp1	0.00%
Rhynchospora macrochaeta Steud. ex Boeckeler	0.00%
Valeriana alliariifolia Vahl	0.00%
Valeriana bracteata Benth.	0.00%
Valeriana cf alliariifolia Vahl	0.00%

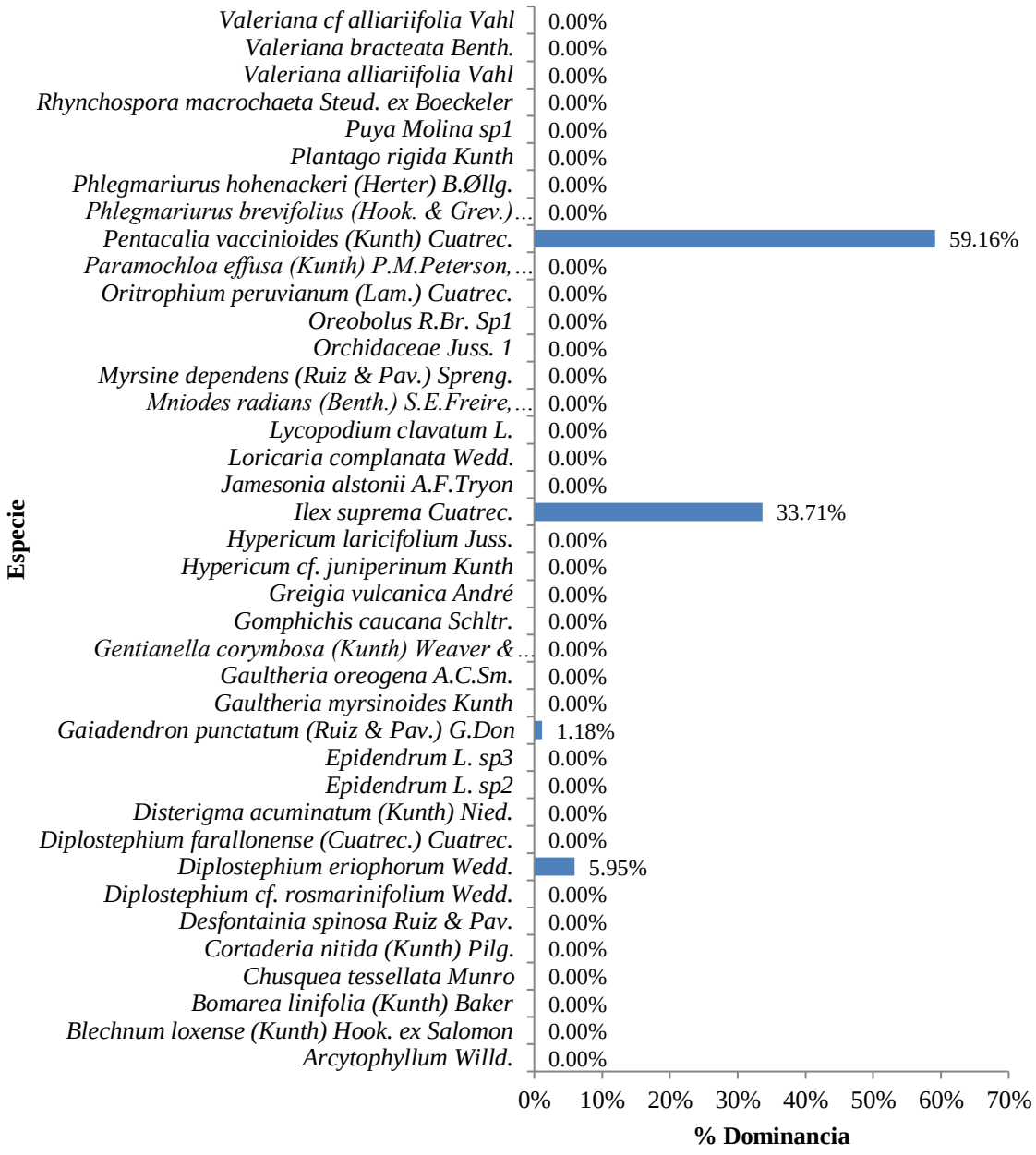


Figura 16. Dominancia para la Regeneración natural para la cobertura de Herbazal

4.1.4.3. Frecuencia relativa

El patrón de frecuencia relativa evidencia una comunidad con especies ampliamente distribuidas en las unidades de muestreo y otras de presencia puntual. Las especies con mayor frecuencia son *Gaultheria oreogena* (0.08), *Loricaria complanata* (0.08) y *Cortaderia nitida* (0.07), seguidas por *Paramochloa effusa* (0.06), *Pentacalia vaccinioides* (0.06) y *Puya sp.* (0.06). Este grupo representa los taxones más recurrentes en la cobertura herbácea, lo que indica

su capacidad de colonizar diferentes microhábitats y mantener una presencia constante en el ecosistema (**Tabla 15**).

En un nivel intermedio se encuentran especies como *Diplostephium eriophorum* (0.05), *Jamesonia alstonii* (0.05), *Gaiadendron punctatum* (0.04), *Hypericum cf. juniperinum* (0.04) y *Hypericum laricifolium* (0.03), que aunque menos frecuentes, aportan diversidad y complejidad estructural al herbazal. La mayoría de las especies restantes presentan frecuencias bajas (≤0.02), como *Arcytophyllum*, *Bomarea*, *Chusquea*, *Disterigma*, *Epidendrum* spp., *Plantago rigida* y *Phlegmariurus* spp. Estos valores sugieren que dichas especies se encuentran restringidas a condiciones específicas o microhábitats particulares, reforzando la heterogeneidad espacial del ecosistema (Foto 6).



(A) (B)

Foto 6. (A*) Diplostephium eriophorum* - (B*) Hypericum cf. juniperinu*

Fuente: Equipo Proagua - 2025

En conjunto, la distribución de frecuencias confirma que la cobertura herbácea combina especies dominantes y ampliamente distribuidas con otras de presencia escasa, lo que refleja un equilibrio entre estabilidad ecológica y diversidad florística. Este patrón es característico de los páramos andinos, donde la vegetación responde a gradientes altitudinales, edáficos

y microclimáticos que generan mosaicos de distribución (Rangel-Churio & Pinto-Zárate, 2009).

Tabla 15. Frecuencia para la Regeneración natural en Herbazal

NOMBRE CIENTIFICO	% FRECUENCIA
Arcytophyllum Willd.	0.01
Blechnum loxense (Kunth) Hook. ex Salomon	0.00
Bomarea linifolia (Kunth) Baker	0.01
Chusquea tessellata Munro	0.01
Cortaderia nitida (Kunth) Pilg.	0.07
Desfontainia spinosa Ruiz & Pav.	0.00
Diplostephium cf. rosmarinifolium Wedd.	0.00
Diplostephium eriophorum Wedd.	0.05
Diplostephium farallonense (Cuatrec.) Cuatrec.	0.02
Disterigma acuminatum (Kunth) Nied.	0.01
Epidendrum L. sp2	0.01
Epidendrum L. sp3	0.01
Gaiadendron punctatum (Ruiz & Pav.) G.Don	0.04
Gaultheria myrsinoides Kunth	0.02
Gaultheria oreogena A.C.Sm.	0.08
Gentianella corymbosa (Kunth) Weaver & Rüdenberg	0.02
Gomphichis caucana Schltr.	0.02
Greigia vulcanica André	0.00
Hypericum cf. juniperinum Kunth	0.04
Hypericum laricifolium Juss.	0.03
Ilex suprema Cuatrec.	0.01
Jamesonia alstonii A.F.Tryon	0.05
Loricaria complanata Wedd.	0.08
Lycopodium clavatum L.	0.01
Mniodes radians (Benth.) S.E.Freire, Chemisquy, Anderb. & Urtubey	0.00
Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.	0.01
Orchidaceae Juss. 1	0.00
Oreobolus R.Br. Sp1	0.01
Oritrophium peruvianum (Lam.) Cuatrec.	0.01
Paramochloa effusa (Kunth) P.M.Peterson, Soreng, Romasch. & Barberá	0.06
Pentacalia vaccinioides (Kunth) Cuatrec.	0.06
Phlegmariurus brevifolius (Hook. & Grev.) B.Øllg.	0.01
Phlegmariurus hohenackeri (Herter) B.Øllg.	0.01
Plantago rigida Kunth	0.02
Puya Molina sp1	0.06
Rhynchospora macrochaeta Steud. ex Boeckeler	0.03
Valeriana alliariifolia Vahl	0.03
Valeriana bracteata Benth.	0.03
Valeriana cf alliariifolia Vahl	0.03

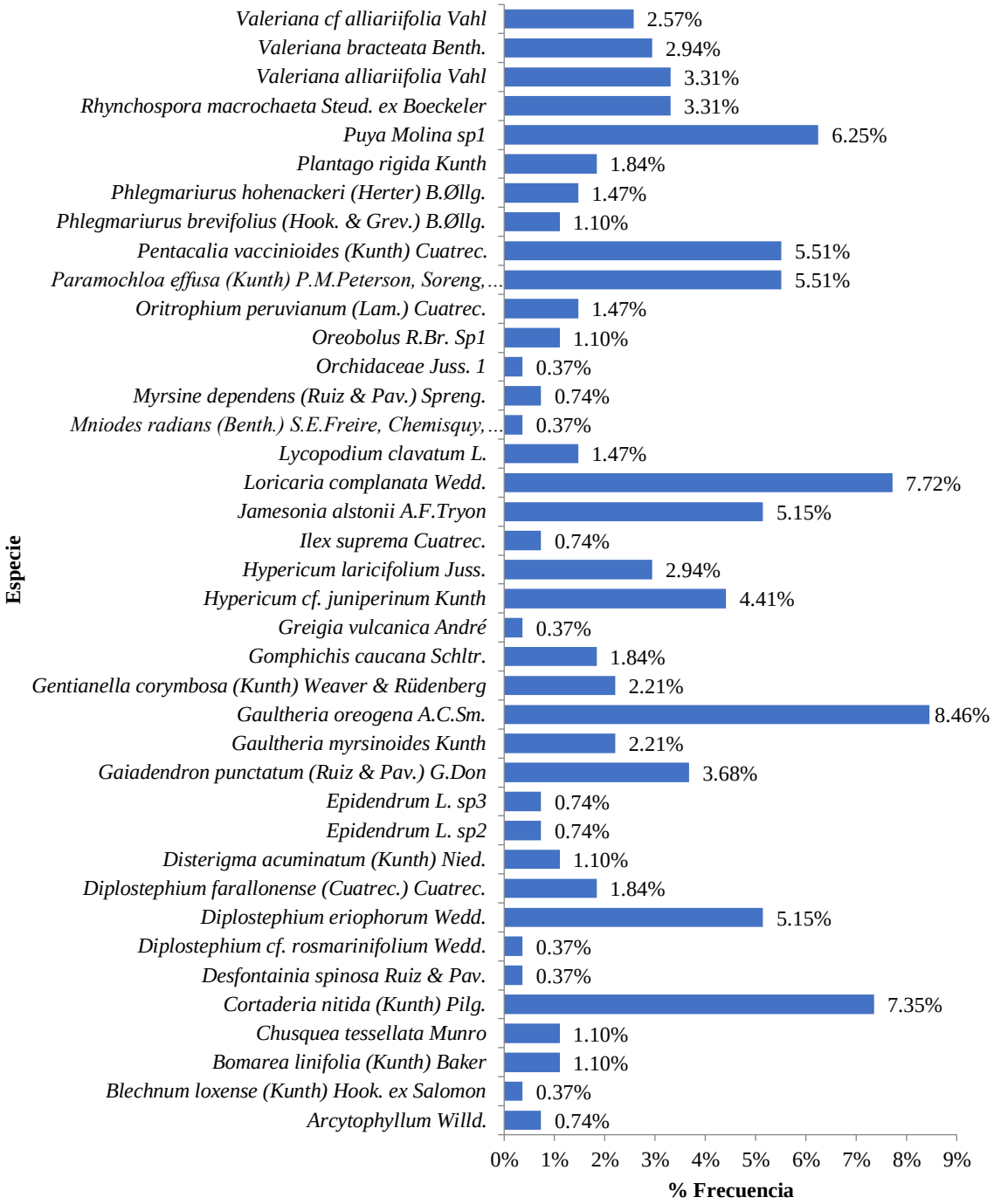


Figura 17. Frecuencia para la Regeneración natural en Herbazal

4.1.4.4. Índice de valor de importancia (IVI)

El cálculo del IVI revela una marcada concentración en pocas especies, con *Pentacalia vaccinioides* alcanzando el valor más alto (0.70), lo que la posiciona como la especie dominante y estructural dentro de la comunidad herbácea. Este resultado se debe principalmente a su elevada dominancia relativa (59 %), complementada por valores consistentes de abundancia y frecuencia. En segundo lugar, *Ilex suprema* registra un IVI de 0.35, destacándose por su alta dominancia (34 %) pese a su baja abundancia y frecuencia, lo que indica que, aunque poco numerosa, su presencia tiene un fuerte impacto en la cobertura vegetal (**Tabla 16**).

Otras especies con valores intermedios de IVI incluyen Gaultheria oreogena (0.17), *Diplostephium eriophorum* (0.16), *Cortaderia nitida* (0.15), *Loricaria complanata* (0.15), *Puya sp.* (0.13), *Jamesonia alstonii* (0.10), *Paramochloa effusa* (0.11), *Hypericum cf. juniperinum* (0.09) y *Gaiadendron punctatum* (0.09). Este conjunto de especies conforma el núcleo secundario de importancia ecológica, aportando diversidad funcional y estabilidad al herbazal.

La mayoría de las especies restantes presentan valores de IVI bajos (≤0.05), lo que indica que su contribución a la estructura comunitaria es marginal y se restringe a microhábitats específicos. Este patrón, caracterizado por la coexistencia de especies altamente dominantes con otras de baja representación, es típico de los páramos andinos, donde la dinámica ecológica está regulada por condiciones extremas y gradientes ambientales (Rangel-Churio & Pinto-Zárate, 2009).

En conjunto, el IVI confirma que la cobertura herbácea de Pico Pance está estructurada por un reducido grupo de especies dominantes (*Pentacalia vaccinioides*, *Ilex suprema*, *Gaultheria oreogena* y *Diplostephium eriophorum*), acompañadas por un amplio espectro de especies subordinadas que aportan heterogeneidad florística y resiliencia ecológica al ecosistema.

Tabla 16. IVI obtenido para la Regeneración Natural en la cobertura Herbazal

NOMBRE CIENTIFICO	% ABUNDANCIA	% DOMINANCIA	% FRECUENCIA	% IVI
Arcytophyllum Willd.	0.01	0.00	0.01	0.01
Blechnum loxense (Kunth) Hook. ex Salomon	0.00	0.00	0.00	0.01
Bomarea linifolia (Kunth) Baker	0.01	0.00	0.01	0.02
Chusquea tessellata Munro	0.01	0.00	0.01	0.02
Cortaderia nitida (Kunth) Pilg.	0.07	0.00	0.07	0.15
Desfontainia spinosa Ruiz & Pav.	0.00	0.00	0.00	0.01
Diplostephium cf. rosmarinifolium Wedd.	0.00	0.00	0.00	0.01
Diplostephium eriophorum Wedd.	0.05	0.06	0.05	0.16
Diplostephium farallonense (Cuatrec.) Cuatrec.	0.02	0.00	0.02	0.04
Disterigma acuminatum (Kunth) Nied.	0.01	0.00	0.01	0.02
Epidendrum L. sp2	0.01	0.00	0.01	0.01
Epidendrum L. sp3	0.01	0.00	0.01	0.01

NOMBRE CIENTIFICO	% ABUNDANCIA	% DOMINANCIA	% FRECUENCIA	% IVI
Gaiadendron punctatum (Ruiz & Pav.) G.Don	0.04	0.01	0.04	0.09
Gaultheria myrsinoides Kunth	0.02	0.00	0.02	0.04
Gaultheria oreogena A.C.Sm.	0.08	0.00	0.08	0.17
Gentianella corymbosa (Kunth) Weaver & Rüdenberg	0.02	0.00	0.02	0.04
Gomphichis caucana Schltr.	0.02	0.00	0.02	0.04
Greigia vulcanica André	0.00	0.00	0.00	0.01
Hypericum cf. juniperinum Kunth	0.04	0.00	0.04	0.09
Hypericum laricifolium Juss.	0.03	0.00	0.03	0.06
Ilex suprema Cuatrec.	0.01	0.34	0.01	0.35
Jamesonia alstonii A.F.Tryon	0.05	0.00	0.05	0.10
Loricaria complanata Wedd.	0.08	0.00	0.08	0.15
Lycopodium clavatum L.	0.01	0.00	0.01	0.03
Mniodes radians (Benth.) S.E.Freire, Chemisquy, Anderb & Urtubey	0.00	0.00	0.00	0.01
Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.	0.01	0.00	0.01	0.01
Orchidaceae Juss. 1	0.00	0.00	0.00	0.01
Oreobolus R.Br. Sp1	0.01	0.00	0.01	0.02
Oritrophium peruvianum (Lam.) Cuatrec.	0.01	0.00	0.01	0.03
Paramochloa effusa (Kunth) P.M.Peterson, Soreng, Romasch. & Barberá	0.06	0.00	0.06	0.11
Pentacalia vaccinioides (Kunth) Cuatrec.	0.06	0.59	0.06	0.70
Phlegmariurus brevifolius (Hook. & Grev.) B.Øllg.	0.01	0.00	0.01	0.02
Phlegmariurus hohenackeri (Herter) B.Øllg.	0.01	0.00	0.01	0.03
Plantago rigida Kunth	0.02	0.00	0.02	0.04
Puya Molina sp1	0.06	0.00	0.06	0.13
Rhynchospora macrochaeta Steud. ex Boeckeler	0.03	0.00	0.03	0.07
Valeriana alliariifolia Vahl	0.03	0.00	0.03	0.07
Valeriana bracteata Benth.	0.03	0.00	0.03	0.06
Valeriana cf alliariifolia Vahl	0.03	0.00	0.03	0.05

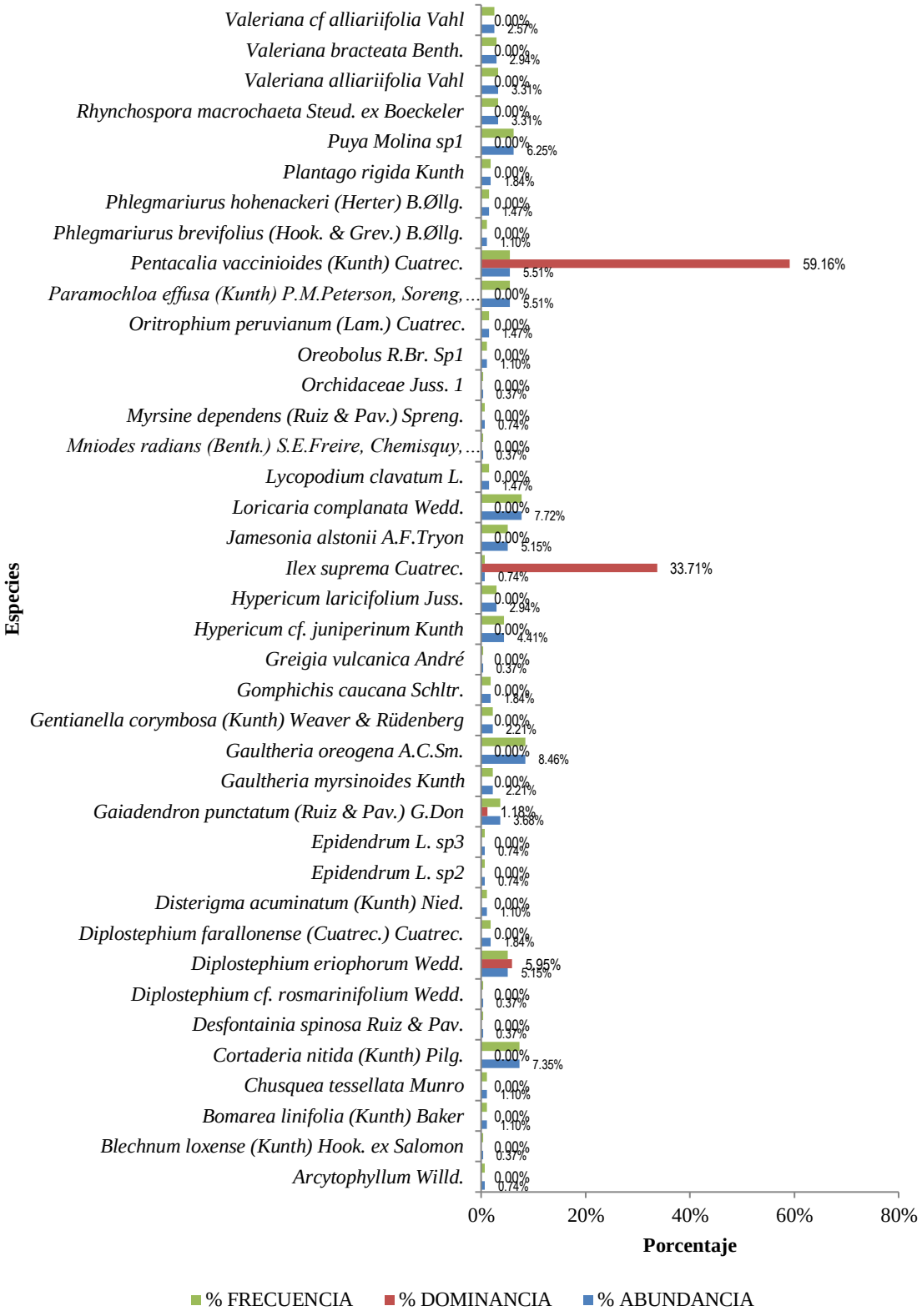


Figura 18. IVI obtenido para la Regeneración Natural en la cobertura Herbazal

4.1.4.5. Representatividad del muestreo

- **Curvas de acumulación de especies**

El esfuerzo de muestreo realizado en cinco unidades permitió registrar 39 especies herbáceas, frente a estimaciones superiores de riqueza potencial según distintos modelos. El estimador ACE proyecta 42.27 especies, con una eficiencia del 92.3 %, mientras que Bootstrap estima 44.69 especies con una eficiencia del 87.3 %, lo que indica que el muestreo logró capturar la mayoría de las especies comunes presentes en el ecosistema. Estos dos modelos, menos sensibles a especies raras, sugieren una cobertura adecuada del espectro florístico dominante.

Por otro lado, los estimadores ICE (53.24), Chao 2 (47.4) y Jackknife 2 (55.95) predicen una riqueza significativamente mayor, con eficiencias más bajas (73.3 %, 82.3 % y 69.7 % respectivamente). Estos modelos, diseñados para detectar especies de baja frecuencia, revelan que aún existe una proporción importante de diversidad no registrada, posiblemente asociada a microhábitats específicos, especies crípticas o condiciones ambientales particulares no representadas en las unidades muestreadas.

La curva observada muestra una tendencia ascendente con indicios de estabilización, lo que sugiere que el muestreo fue eficaz para caracterizar la estructura general del herbazal, aunque no exhaustivo (**Figura 19. Curva de acumulación de especies – Flora Herbazal**. En conjunto, la representatividad del muestreo en la cobertura herbácea puede considerarse alta en términos de especies frecuentes y funcionalmente dominantes, pero aún incompleta respecto a la riqueza total potencial. Este resultado refuerza la necesidad de ampliar el número de unidades y diversificar las estrategias de muestreo para capturar la complejidad florística del páramo Pico Pance

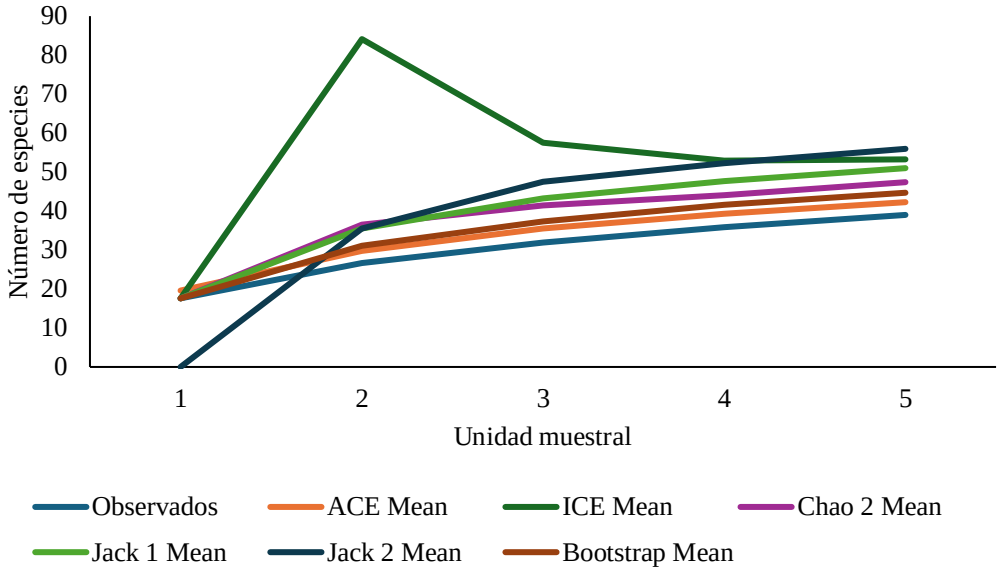


Figura 19. Curva de acumulación de especies – Flora Herbazal

Tabla 17. Relación de los índices de acumulación de especies para la cobertura Herbazal

UNIDADES MUESTRALES	ESPECIES OBSERVADAS	Ace	Ice	Chao 2	Jack 2	Bootstrap
5	39	42.27	53.24	47.4	55.95	44.69
% EFICIENCIA DEL MUESTREO		92.3	73.3	82.3	69.7	87.3

4.1.4.6. Análisis de diversidad alfa

La cobertura herbácea del páramo Pico Pance presenta una comunidad con alta diversidad y equidad en la distribución de sus especies. El índice de Simpson (λ = 0.05) refleja una baja probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie, lo que indica ausencia de dominancia marcada. Este resultado se complementa con el valor de Simpson (1–D = 0.95), que confirma una diversidad elevada y una estructura comunitaria equilibrada, mientras que el recíproco de Simpson (1/D = 22.08) sugiere que la comunidad equivale a tener aproximadamente 22 especies igualmente abundantes, reforzando la idea de una riqueza efectiva significativa (Magurran, 2004).

El índice de Shannon (H′= 3.31) respalda esta interpretación, mostrando una comunidad con alta complejidad ecológica y estabilidad funcional. Valores superiores a 3 suelen asociarse a ecosistemas con buena representatividad florística y resiliencia frente a perturbaciones. Por su parte, los índices de riqueza específica como Margalef (D□g = 6.78) y Menhinick (D□n = 2.36) evidencian una elevada proporción de especies respecto al número total de individuos, lo que confirma que el herbazal alberga una diversidad amplia y bien distribuida en relación con el esfuerzo de muestreo.

En conjunto, estos indicadores muestran que la cobertura herbácea de Pico Pance se caracteriza por una comunidad diversa, equitativa y funcionalmente compleja, con baja dominancia y alta riqueza específica (**Tabla 18. Índices de diversidad estimados para los Herbazales.**. Este patrón contrasta con el arbustal, donde la dominancia estaba más concentrada en pocas especies, y sugiere que el herbazal cumple un papel clave en la resiliencia ecológica y en la estabilidad del ecosistema paramuno (Rangel-Churio & Pinto-Zárate, 2009; Magurran, 2004).

Tabla 18. Índices de diversidad estimados para los Herbazales.

Índice	BF
Simpson (λ)	0.05
Simpson (1-D)	0.95
Simpson (1/D)	22.08
Shannon (H')	3.31
Mergalef D(Mg)	6.78
Menhinick D(Mn)	2.36

- **Coeficiente de mezcla**

La cobertura herbácea del páramo Pico Pance, con 39 especies y 272 individuos registrados, presenta un coeficiente de mezcla de 14.34 %. Este valor refleja la proporción de especies respecto al número total de individuos y constituye un indicador de la diversidad estructural del ecosistema. En este caso, el coeficiente relativamente bajo señala una tendencia hacia la baja diversidad, lo que significa que, aunque se registra una riqueza florística considerable, la distribución de individuos está concentrada en un grupo reducido de especies dominantes (**Tabla 19**)

Este patrón se corresponde con los resultados obtenidos en los índices de dominancia e IVI, donde *Pentacalia vaccinioides*, *Ilex suprema* y *Diplostephium eriophorum* concentran gran parte de la importancia ecológica. La baja mezcla indica que la comunidad herbácea mantiene un grado de especialización y que las especies dominantes cumplen un rol estructural clave en la configuración del herbazal. En términos ecológicos, este resultado sugiere que el ecosistema conserva estabilidad funcional, pero con una composición que podría ser vulnerable a cambios ambientales si las especies dominantes se ven afectadas (Magurran, 2004; Rangel-Churio & Pinto-Zárate, 2009).

En síntesis, el coeficiente de mezcla confirma que la cobertura herbácea de Pico Pance combina una riqueza florística amplia con una estructura dominada por pocos taxones, lo que refuerza la necesidad de conservar tanto las especies dominantes como las subordinadas para garantizar la resiliencia y la integridad ecológica del páramo.

Tabla 19. Coeficiente de Mezcla para la Cobertura Herbazal

No. ESPECIES	No. INDIVIDUOS	COEFICIENTE DE MEZCLA	TENDENCIA
39	272	14.34%	Tendencia a la baja diversidad

4.1.5. Análisis de diversidad beta

La comparación entre las coberturas de herbazal y arbustal en el páramo Pico Pance, basada en el índice de Jaccard, revela una diversidad beta moderada, con una similitud florística aproximada del 60 %, como lo indica el dendrograma generado por análisis de agrupamiento jerárquico. Este valor sugiere que ambas coberturas comparten una proporción significativa de especies, pero también mantienen componentes florísticos distintivos que reflejan diferencias ecológicas y funcionales entre los dos estratos. En este caso, la similitud del 60 % indica que existe una base florística común, posiblemente compuesta por especies generalistas o de amplia tolerancia ecológica, mientras que el 40 % restante corresponde a especies especializadas que responden a condiciones microambientales particulares de cada cobertura (Rangel-Churio & Pinto-Zárate, 2009).

La cobertura arbustiva se caracteriza por especies de porte medio a alto, con dominancia marcada de *Diplostephium farallonense, Pentacalia vaccinioides* y *Macleania rupestris*, mientras que el herbazal presenta una estructura más equitativa y diversa, con especies como *Gaultheria oreogena, Puya sp., Paramochloa effusa* y *Jamesonia alstonii* distribuidas de forma más homogénea. Esta diferenciación se traduce en una riqueza específica mayor en el arbustal (51 especies) frente al herbazal (39 especies), pero con índices de diversidad alfa más elevados en el herbazal, lo que indica mayor equidad y menor dominancia (Magurran, 2004).

En síntesis, la diversidad beta entre herbazal y arbustal en Pico Pance refleja una complementariedad ecológica, donde cada cobertura aporta elementos únicos a la riqueza florística total del ecosistema. Esta diferenciación funcional y taxonómica refuerza la importancia de conservar ambos estratos como unidades ecológicas interdependientes, esenciales para la resiliencia y estabilidad del páramo (**Figura 20**).

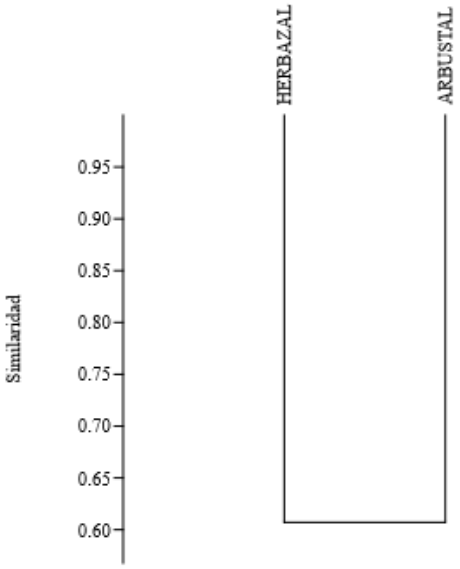


Figura 20. Cluster basado en el índice de Jaccard para las coberturas de Herbazal y Arbustal

4.1.6. Especies importantes para la conservación

El análisis de las especies registradas en el páramo Pico Pance evidencia un patrón marcado de endemismo y vacíos de información en los sistemas internacionales de categorización. Helechos como *Amauropelta rudis*, *Elaphoglossum minutum* y *Elaphoglossum sporadolepis* presentan distribuciones restringidas a los Andes colombianos, sin evaluación en la Lista Roja de la UICN ni inclusión en CITES o en la Resolución 0126 de 2024 del MADS. Esta ausencia de reconocimiento normativo no implica ausencia de riesgo, sino la necesidad de estudios poblacionales detallados que permitan valorar su estado de conservación. Su condición de endemismo los convierte en indicadores sensibles de cambios ambientales y en componentes esenciales para la resiliencia ecológica de los herbazales y arbustales de páramo (Magurran, 2004; Rangel-Churio & Pinto-Zárate, 2009).

De manera similar, especies ornamentales y arbustivas como *Bomarea linifolia, Brachyotum lindenii, Loricaria complanata, Mniodes radians, Neobartsia pedicularoides* y *Valeriana bracteata* comparten la ausencia de evaluación en UICN y no figuran en CITES ni en la normativa nacional. Aunque no cuentan con protección explícita, su endemismo las hace vulnerables a la pérdida de hábitat y a presiones locales derivadas de la fragmentación y el cambio climático. La falta de categorización oficial refleja una brecha en la valoración de la flora de páramo, lo que subraya la importancia de avanzar en evaluaciones regionales y nacionales que permitan definir medidas de conservación específicas (Rangel-Churio, 2015).

En contraste, las orquídeas *Epidendrum sp2, Epidendrum sp3* y *Gomphichis caucana* están protegidas por CITES Apéndice II, lo que regula su comercio internacional. En Colombia, además, las Orchidaceae tienen veda nacional, lo que restringe su aprovechamiento y refuerza su protección. Este doble marco normativo refleja la alta sensibilidad de las orquídeas frente a la extracción y tráfico ilegal, y subraya la necesidad de fortalecer acciones de conservación in situ en los páramos (Rangel-Churio & Pinto-Zárate, 2009).

Tabla 20. Especies importantes para la conservación

Especie	DISTRIBUCIÓN	UICN	CITES	Resolución 0126 (MADS, 2024)	Veda en Colombia
Amauropelta rudis	Endémico	No evaluada	No listada	No listada	No
Bomarea linifolia	Endémico	No evaluada	No listada	No listada	No
Brachyotum lindenii	Endémico	No evaluada	No listada	No listada	No
Desfontainia spinosa	Endémico	LC	No listada	No listada	No
Elaphoglossum minutum	Casi endémica	No evaluada	No listada	No listada	No
Elaphoglossum sporadolepis	Endémico	No evaluada	No listada	No listada	No
Epidendrum sp2	NA	No evaluada	II	No listada	Nacional
Epidendrum sp3	NA	No evaluada	II	No listada	Nacional
Gomphichis caucana	NA	No evaluada	II	No listada	Nacional
Loricaria complanata	Endémico	No evaluada	No listada	No listada	No
Mniodes radians	Endémico	No evaluada	No listada	No listada	No
Neobartsia pedicularoides	Endémico	No evaluada	No listada	No listada	No
Phlegmariurus brevifolius	Endémico	No evaluada	No listada	No listada	No
Valeriana bracteata	Endémico	No evaluada	No listada	No listada	No

4.1.7. Análisis comparativo

Los resultados florísticos obtenidos en el páramo del sector Pico Pance son consistentes con los patrones descritos para los ecosistemas de páramo y subpáramo de la Cordillera Occidental, los cuales se caracterizan por una alta heterogeneidad florística, dominancia de arbustales y herbazales, y una marcada adaptación de las especies a condiciones ambientales extremas como bajas temperaturas, alta radiación y suelos ácidos (Pinto-Zárate & Rangel-Churio, 2010; Rada et al., 2019). La dominancia de familias como Asteraceae, Ericaceae, Poaceae y Cyperaceae, registrada en las parcelas de Pico Pance, coincide con lo reportado para otros complejos paramunos de la región, como Tatamá y Frontino–Urrao, donde estas familias estructuran la fisonomía y funcionalidad de los ecosistemas altoandinos (Morales et al., 2007; Pinto-Zárate & Rangel-Churio, 2009).

La composición observada en Pico Pance, dominada por especies arbustivas juveniles y ausencia de individuos adultos, refleja un estado temprano de regeneración natural, patrón que ha sido documentado en otros páramos poco intervenidos de la Cordillera Occidental, donde las condiciones climáticas extremas limitan el crecimiento estructural y la

acumulación de biomasa (Bader *et al.*, 2007; Castro, 2020). Este comportamiento contrasta con páramos de las cordilleras Central y Oriental, donde la presencia de frailejones (Espeletiinae) y comunidades más maduras genera estructuras verticales más complejas, resaltando la singularidad florística y estructural de los páramos occidentales.

La elevada dominancia de especies como *Diplostephium farallonense* y *Pentacalia vaccinioides* es coherente con estudios regionales que identifican a estos géneros como taxones estructurales clave en páramos occidentales, cumpliendo funciones de estabilización de suelos, regulación microclimática y soporte para procesos de polinización y dispersión (Pinto-Zárate & Rangel-Churio, 2010; Rada et al., 2019). Asimismo, la presencia de especies endémicas y de distribución restringida, como *Diplostephium farallonense* y *Gomphichis caucana*, refuerza la importancia del área como refugio biogeográfico, en concordancia con lo documentado para otros sectores del PNN Farallones de Cali y el macizo de Tatamá (Castro, 2020; Arias Martínez et al., 2024).

En comparación con otros ecosistemas altoandinos de Colombia, la riqueza florística registrada en Pico Pance es moderada, pero su alto valor de conservación radica en la combinación de especies especializadas, endemismos y comunidades adaptadas a condiciones extremas. Este patrón concuerda con lo señalado por Calderón-Caro y Benavides (2022), quienes destacan que, a pesar de su menor extensión y riqueza relativa, los páramos de la Cordillera Occidental desempeñan un papel estratégico en la conectividad ecológica y en la provisión de servicios ecosistémicos.

En este sentido, los resultados obtenidos constituyen una línea base sólida para el entendimiento de la dinámica florística del páramo Pico Pance y refuerzan la necesidad de fortalecer estudios de largo plazo que permitan evaluar procesos sucesionales y respuestas al cambio climático.

4.1.8. Conclusiones y recomendaciones flora

La caracterización florística realizada en el páramo de la subcuenca Pance del Parque Nacional Natural Farallones de Cali evidencia una alta heterogeneidad estructural y composicional en las coberturas de arbustal y herbazal, dominadas por procesos de regeneración natural en estadios juveniles. La ausencia de individuos adultos y los bajos valores de volumen y dominancia registrados confirman que estas comunidades vegetales cumplen principalmente funciones ecológicas asociadas a la protección del suelo, la regulación hídrica y el soporte de la biodiversidad paramuna, más que funciones productivas.

La composición florística se encuentra dominada por familias típicas de ecosistemas de páramo como Asteraceae, Ericaceae, Poaceae y Cyperaceae, las cuales presentan adaptaciones morfofisiológicas a condiciones ambientales extremas, tales como bajas temperaturas, alta radiación y suelos ácidos. La presencia de especies endémicas y de distribución restringida resalta la singularidad florística del sector Pico Pance y su importancia como refugio ecológico de alta montaña dentro de la cordillera Occidental.

Los análisis estructurales y de diversidad indican que el esfuerzo de muestreo realizado fue representativo para las coberturas evaluadas, permitiendo una adecuada caracterización de la regeneración natural en arbustales y herbazales. No obstante, la distribución espacial fragmentada de algunas coberturas sugiere la necesidad de ampliar el muestreo hacia otros sectores del páramo para fortalecer la interpretación de los patrones florísticos a escala de paisaje.

Se recomienda mantener la integridad de las coberturas de arbustal y herbazal mediante la restricción de actividades antrópicas que puedan alterar los procesos de regeneración natural, particularmente en zonas de alta sensibilidad ecológica. Asimismo, se sugiere implementar programas de monitoreo florístico de largo plazo que permitan evaluar la dinámica sucesional, los efectos del cambio climático y la respuesta de la vegetación a posibles presiones externas.

Adicionalmente, se recomienda complementar futuros estudios con muestreos en otras formaciones vegetales presentes en el gradiente altoandino–páramo, así como integrar análisis funcionales y de conectividad ecológica, con el fin de fortalecer la toma de decisiones para la conservación y manejo del Parque Nacional Natural Farallones de Cali.

4.2. AVES

4.2.1. Revisión bibliográfica

Los estudios oritológicos en los páramos de la cordillera Occidental continúan siendo reducidos y aislados; no obstante, algunas investigaciones recientes han contribuido con el estado del conocimiento ornitológico en este tipo de ecosistemas altoandinos, estableciendo de manera preliminar la estructura y singularidad de la avifauna presente en estos páramos. Actualmente los inventarios más exhaustivos y robustos realizados en los páramos de la cordillera occidental corresponden al Páramo de Frontino (Antioquia), Páramo del Duende (Valle del Cauca) y PNN Farallones de Cali (Valle del Cauca). Krabbe et al. en el año 2006 registraron aproximadamente 155 especies de aves en un gradiente altitudinal entre 2500 y 3900 m.s.n.m en el páramo de Frontino. Dicho trabajo aportó numerosos primeros registros para la cordillera, acompañados de ampliaciones de distribuciones altitudinales y la

detección de taxones con posible estatus no descrito, como *Cistothorus* sp. y poblaciones diferenciadas de colibríes propias de ambientes altoandinos. En este mismo complejo paramuno, Chaparro-Herrera et al. en el año 2019 evaluaron la avifauna del Páramo Frontino–Urrao mediante el uso combinado de redes de niebla y conteos por puntos, documentando 157 especies distribuidas en 36 familias, con un predominio de colibríes y fringílidos característicos de alta montaña, y destacando la relevancia de especies endémicas y En Peligro (EN), como *Coeligena orina, Scytalopus canus* y *Diglossa gloriosissima*, estrechamente asociadas a ambientes de páramo y ecotonos de bosque altoandino.

En el departamento del Valle del Cauca, el páramo del Duende es el mejor estudiado, dadas sus características topográficas y su facilidad de acceso. Desde comienzos de la década del 2000, investigadores de diferentes instituciones comenzaron a desarrollar investigaciones y caracterizaciones biológicas enfocadas en reconocer la avifauna presente en este páramo. Gómez-Hoyos y Vargas (1999), y Estela et al. (2004) realizaron una caracterización detallada de las comunidades de aves presentes en el páramo, reportando alrededor de 24 especies, posteriormente Cuesta y colaboradores en el año 2010 realizaron un nuevo estudio donde se reporta una diversidad de especies similar a la descrita por los investigadores previamente mencionados, concluyen que para conocer a fondo la comunidad de aves existente en el páramo del Duende se requiere de un esfuerzo de muestreo mayor al implementado previamente, sugiriendo que se realicen nuevas actividades de caracterización biológica de manera periódica. Los autores también recalcan que en el año 2006 el páramo del Duende se consolida como un área protegida, bajo el modelo de Parque Natural Regional, este proceso de declaratoria impulsó diversos estudios relacionados a los componentes de fauna y flora en el PNR, favoreciendo así el estado del conocimiento de la biodiversidad que allí habita.

Otro de los complejos paramunos presentes en el departamento del Valle del Cauca se encuentra en el PNN Farallones de Cali, dadas sus condiciones topográficas, ausencia de rutas de acceso y estar ubicado al interior de zona intangible de un área protegida, ha limitado la facilidad de desarrollar estudios en este páramo. Sin embargo, en el año 2021 la Universidad Javeriana Cali, Universidad del Valle y Parques Nacionales encabezaron la mayor expedición biológica hasta la fecha, titulada “Una isla en las nubes”. Contribuyendo así con el conocimiento de las especies de aves que habitan la parte alta del PNN Farallones de Cali, reportando 25 especies para 3 localidades (Balcones, Cominal y Peñas Blancas) (información sin publicar).

Los estudios sobre la avifauna en los páramos del Parque Nacional Natural Tatamá y Cerro Plateado (en el departamento del Cauca) son relativamente limitados y, en su mayoría, se han desarrollado como parte de inventarios generales del macizo montañoso y de

evaluaciones ecológicas del parque en distintos gradientes altitudinales. La información disponible proviene principalmente de muestreos biológicos realizados en bosques altoandinos y zonas adyacentes al páramo, así como de registros puntuales que incluyen extensiones de distribución y nuevos reportes de especies propias de ambientes fríos de alta montaña. Estos trabajos han permitido confirmar la alta riqueza de aves en los complejos Tatamá y Cerro plateado, además de la presencia de especies endémicas y de interés para la conservación, por ejemplo, el Cucarachero de Muchinque *Henicorhina negreti*, descrita en las cercanías del páramo del PNN Muchinque (Salaman et al., 2003; Krabbe et al, 2009), algunas de ellas asociadas a los ecotonos entre bosque altoandino y páramo. No obstante, persiste un vacío de conocimiento en cuanto a inventarios específicos, sistemáticos y exclusivamente enfocados en la avifauna paramuna, lo que limita la comprensión detallada de la composición, estructura y dinámica de las comunidades de aves que habitan este ecosistema en el PNN Tatamá (Parques Nacionales Naturales, 2005; Olaciregui et al, 2016).

En conclusión, el conocimiento disponible sobre la avifauna de los páramos de la cordillera Occidental es escaso y aislado, concentrándose en pocos complejos que han recibido esfuerzos de investigación más constantes, (Páramo de Frontino–Urrao, el Páramo del Duende y el sector de páramo del PNN Farallones de Cali). Al comparar los resultados de los estudios llevados a cabo en estas áreas se observa que, la composición de especies se caracteriza por un ensamblaje típico de ambientes altoandinos, compartiendo la mayoría de las especies. Además de resaltar la presencia de especies amenazadas y endémicas en estos sistemas, lo que resalta el alto valor biológico y de conservación de estos ecosistemas.

4.2.2. Trabajo de campo

A continuación, se presenta la información de la caracterización realizada en campo. En la Tabla 21 se presentan las coordenadas de los puntos de muestreo y grabadoras de sonido de aves realizadas y en la Figura 21- 23 su ubicación espacial, posteriormente encontraran la información de la caracterización.

Tabla 21. Ubicación de los puntos de muestreo de aves.

Nombre	ID	Este	Norte	Nombre	ID	Este	Norte
PTOBS13	P11	4589462,26	1927958,74	PTOBS18	P4	4589377,36	1927281,7
PTOBS1	P1	4589232,63	1927935,82	PTOBS3	P5	4589421	1927005,62
PTOBS2	P11	4589278,43	1928057,79	PTOBS14	P5	4589335,76	1926819,96
PTOBS5	P2	4589313,77	1927772,49	PTOBS4	P6	4589344,95	1926764,37
PTOBS16	P2	4589154,3	1927648,85	PTOBS15	P6	4589414,96	1926572,74
PTOBS11	P1	4589395,36	1927809,07	PTOBS8	P7	4589308,13	1926937,5
PTOBS6	P3	4589507,69	1927551,92	PTOBS19	P7	4589513,36	1926932,82
PTOBS17	P3	4589373,75	1927400,24	PTOSS4	P9	4589570,05	1926828,59

Nombre	ID	Este	Norte	Nombre	ID	Este	Norte
PTOBS10	P10	4589228,88	1927486,54	PTOBS21	P9	4589445,62	1926670,58
PTOBS12	P10	4589354,47	1927330,88	PTOBS9	P8	4589495,96	1926850,83
PTOBS7	P4	4589503,61	1927440,45	PTOBS20	P8	4589307,43	1926781,14

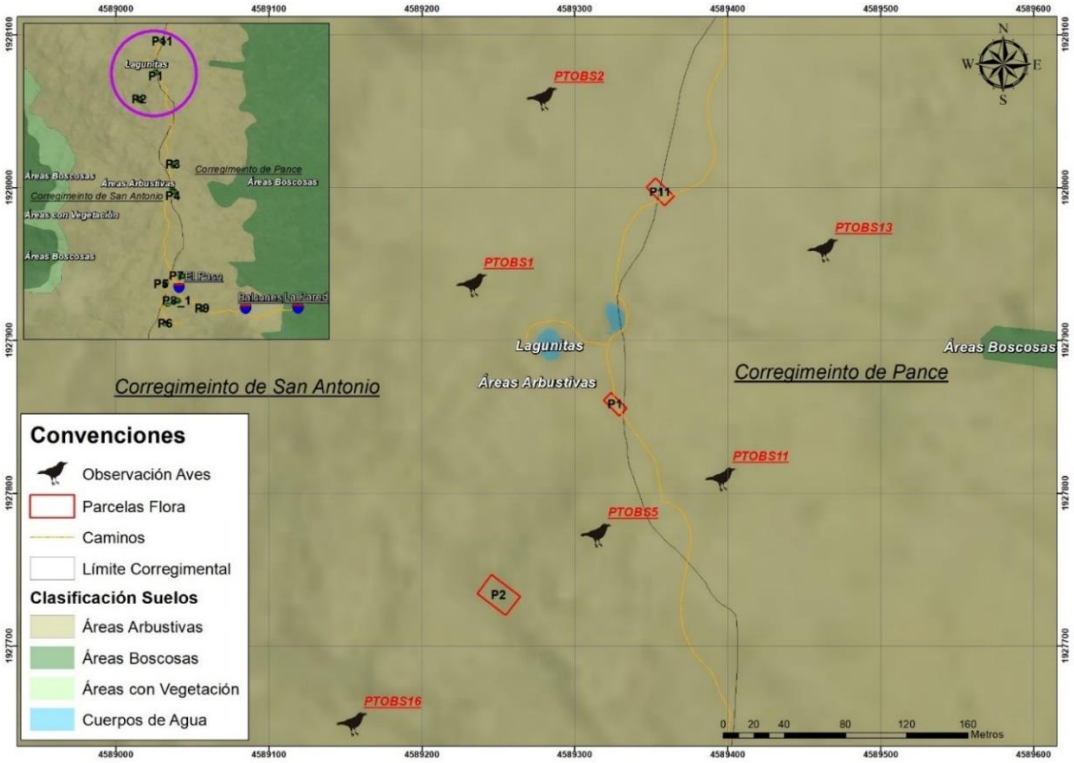


Figura 21. Ubicación de las observaciones de aves en el primer bloque de muestreo

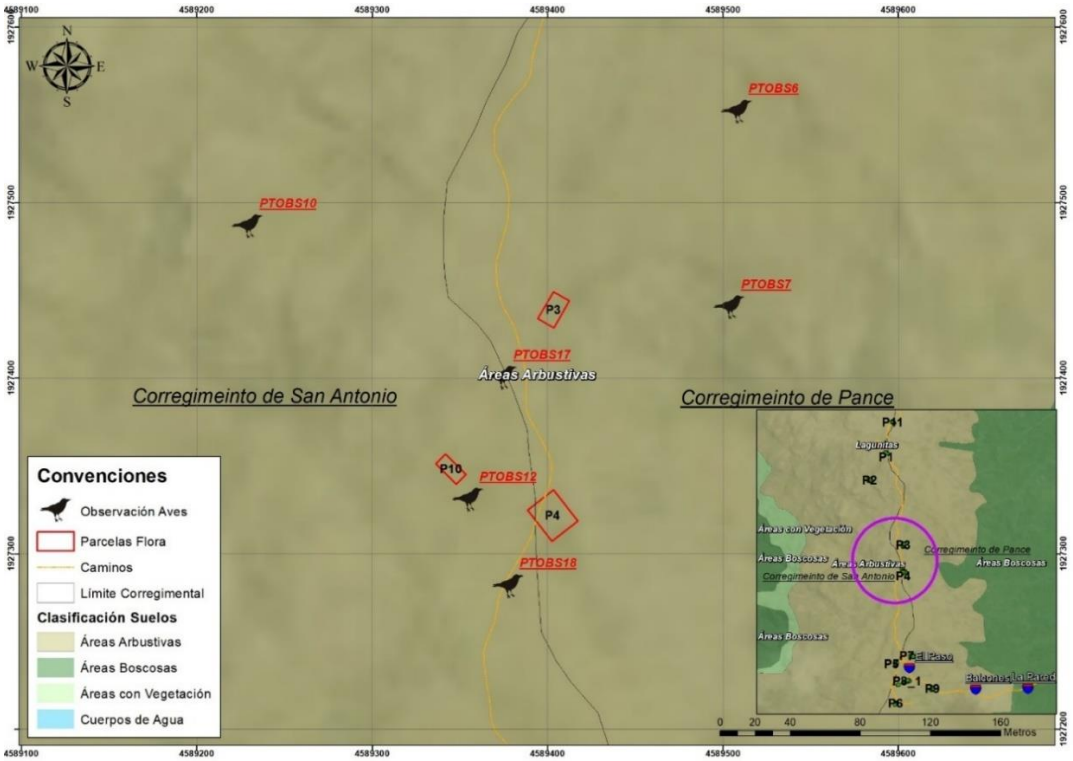


Figura 22. Ubicación de las observaciones de aves en el segundo bloque de muestreo

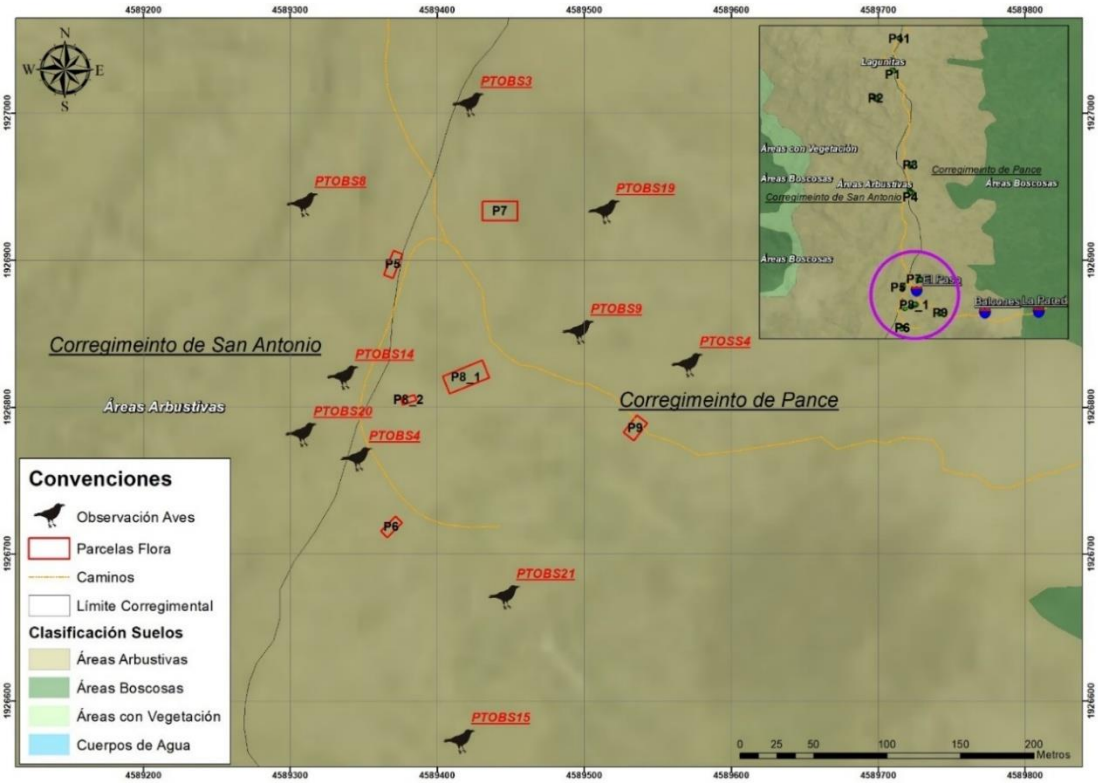


Figura 23. Ubicación de las observaciones de aves en el tercer bloque de muestreo

4.2.2.1. Estructura y composición de avifauna

El ensamblaje de aves analizado en el área de estudio, con un total de 228 individuos, refleja una marcada diversidad taxonómica y funcional. Se registraron seis órdenes y catorce familias, con predominio de Passeriformes, que agrupan la mayor riqueza y abundancia de especies. Este patrón coincide con lo reportado para ecosistemas altoandinos, donde los paseriformes constituyen el núcleo de la avifauna por su plasticidad ecológica y diversidad de gremios tróficos (Rangel-Churio, 2015; Hilty & Brown, 1986).

Dentro de los Passeriformes, las familias Thraupidae, Tyrannidae, Troglodytidae y Hirundinidae fueron las más representadas. Los Thraupidae aportaron especies clave como *Diglossa lafresnayii* (33 individuos) y *Anisognathus lacrymosus* (17), reflejando la importancia de las tángaras en la dinámica de polinización y consumo de frutos en el páramo (Foto 7). Los Tyrannidae, con especies como *Ochthoeca fumicolor y Silvicultrix frontalis*, mostraron abundancias moderadas pero relevantes en el control de insectos. La familia Troglodytidae estuvo representada por *Cistothorus platensis* (21 individuos), un insectívoro especializado en herbazales de páramo. Por su parte, *Orochelidon murina* (29 individuos, Hirundinidae) destacó como uno de los insectívoros más abundantes, evidenciando la relevancia de los gremios aéreos en el control de artrópodos.

El orden Apodiformes, representado por la familia Trochilidae, mostró una alta abundancia relativa con 20 especies, destacando *Chalcostigma herrani* (16). Los colibríes y las especies de *Diglossa* constituyen el núcleo del gremio nectarívoro, reforzando la estrecha relación entre aves y flora altoandina, donde la polinización es un proceso crítico para la regeneración de comunidades vegetales (Feinsinger, 1983). En el orden Columbiformes, las palomas y tórtolas (*Patagioenas fasciata* y *Zentrygon frenata*) sumaron 10 individuos, mientras que el orden Psittaciformes estuvo representado por *Amazona mercenarius* con 24 individuos, convirtiéndose en una de las especies más abundantes del ensamblaje. Estos grupos cumplen funciones esenciales en la dispersión de semillas, favoreciendo la conectividad y regeneración de los bosques montanos (Renton, 2004). Los Accipitriformes estuvieron representados por dos especies de rapaces (*Geranoaetus albicaudatus* y *G. polyosoma*), cada una con un individuo. Aunque su abundancia es baja, su presencia confirma la existencia de depredadores tope en el sistema, regulando poblaciones de pequeños vertebrados y actuando como indicadores de integridad ecológica (Bildstein, 2001).

Finalmente, el gremio omnívoro estuvo representado por *Turdus fuscater* (13 individuos), especie ampliamente distribuida en los Andes y reconocida por su plasticidad trófica. Su abundancia confirma su rol como generalista, capaz de adaptarse a variaciones en la disponibilidad de recursos y de conectar procesos de dispersión y control de insectos (Rangel-Churio, 2015).



(A) (B)

Foto 7. (A) ***Diglossa lafresnayii*** **- (B)** ***Anisognathus lacrymosus***

Fuente: Equipo de Proagua - 2025

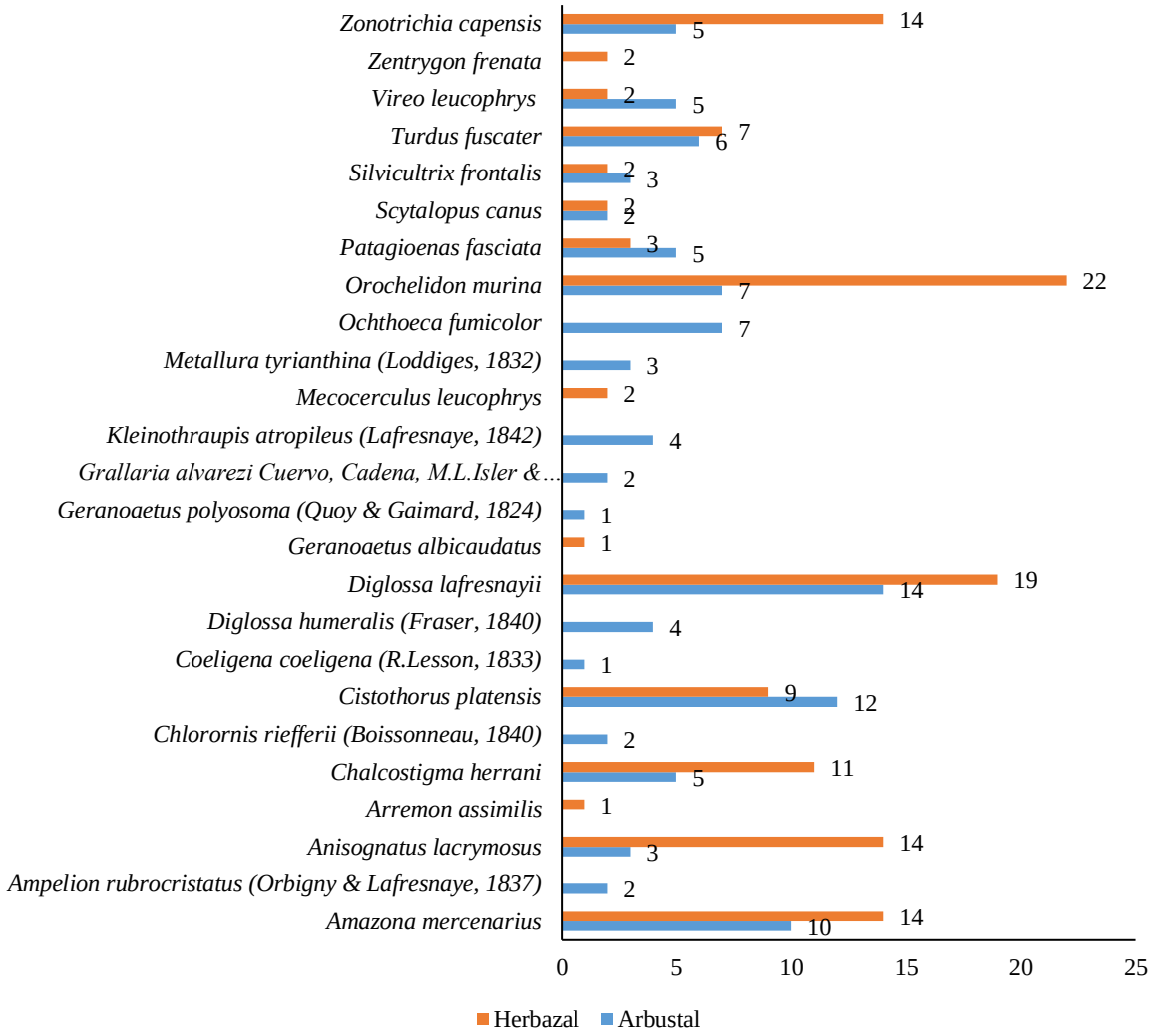


Figura 24. Abundancia de aves registrados en las diferentes coberturas.

Tabla 22. Aves encontradas en las diferentes coberturas del área de estudio.

Orden	Familia	*Especie*	Gremio trófico	Abundancia
Accipitriformes	**Accipitridae**	*Geranoaetus albicaudatus*	C	1
		Geranoaetus polyosoma	C	1
Apodiformes	**Trochilidae**	*Chalcostigma herrani*	N	16
		Coeligena coeligena	N	1
		Metallura tyrianthina	N	3
Columbiformes	**Columbidae**	*Patagioenas fasciata*	F-G	8
		Zentrygon frenata	F-G	2
Passeriformes	**Cotingidae**	*Ampelion rubrocristatus*	F	2
	Grallaridae	*Grallaria alvarezi*	I	2

Orden	Familia	*Especie*	Gremio trófico	Abundancia
	Hirundinidae	*Orochelidon murina*	I	29
	Passerellidae	*Arremon assimilis*	G-I	1
		Zonotrichia capensis	G-I	19
	Rhinocryptidae	*Scytalopus canus*	I	4
	Thraupidae	*Anisognatus lacrymosus*	I-F	17
		Chlorornis riefferii	F	2
		Diglossa humeralis	N	4
		Diglossa lafresnayii	N	33
		Mecocerculus leucophrys	I	2
	Troglodytidae	*Cistothorus platensis*	I	21
	Turdidae	*Turdus fuscater*	O	13
	Tyrannidae	*Kleinothraupis atropileus*	I	4
		Ochthoeca fumicolor	I	7
		Silvicultrix frontalis	I	5
	Vireonidae	*Vireo leucophrys*	I-F	7
Psittaciformes	**Psittacidae**	*Amazona mercenarius*	F-G	24
Total general				**228**

4.2.2.2. Representatividad del muestreo

- Curvas de acumulación de especies Arbustales

La curva de acumulación de especies para la cobertura de arbustal, basada en 12 unidades muestrales, revela una alta eficiencia del esfuerzo de muestreo. Se registraron 21 especies observadas, mientras que los estimadores no paramétricos proyectan valores cercanos: ACE (21.74), Chao 2 (21.5), Jackknife 2 (20.42) y Bootstrap (23.63).

La eficiencia del muestreo calculada con base en estos estimadores oscila entre 87.2% y 96.7%, siendo más alta para ACE (96.7%) y Chao 2 (96.4%), lo que indica que el número de especies observadas representa adecuadamente la riqueza esperada en esta cobertura. Estos valores sugieren que el esfuerzo de muestreo fue suficiente para capturar la mayoría de las especies presentes, especialmente aquellas de mayor frecuencia o dominancia (Colwell & Coddington, 1994; Magurran, 2004).

La forma de la curva observada, con tendencia a la estabilización, refuerza esta interpretación: el incremento en el número de especies se reduce progresivamente con cada unidad muestral adicional, lo que indica que se ha alcanzado una fase de saturación en la detección de especies. Esta estabilización es coherente con lo esperado en comunidades de

aves de páramo, donde la riqueza específica suele ser moderada pero funcionalmente diversa (Rangel-Churio, 2015). En conjunto, los resultados permiten afirmar que la cobertura de arbustal fue muestreada con alta representatividad, y que los datos obtenidos son confiables para análisis posteriores de diversidad, estructura y composición de la avifauna (**Figura 25**).

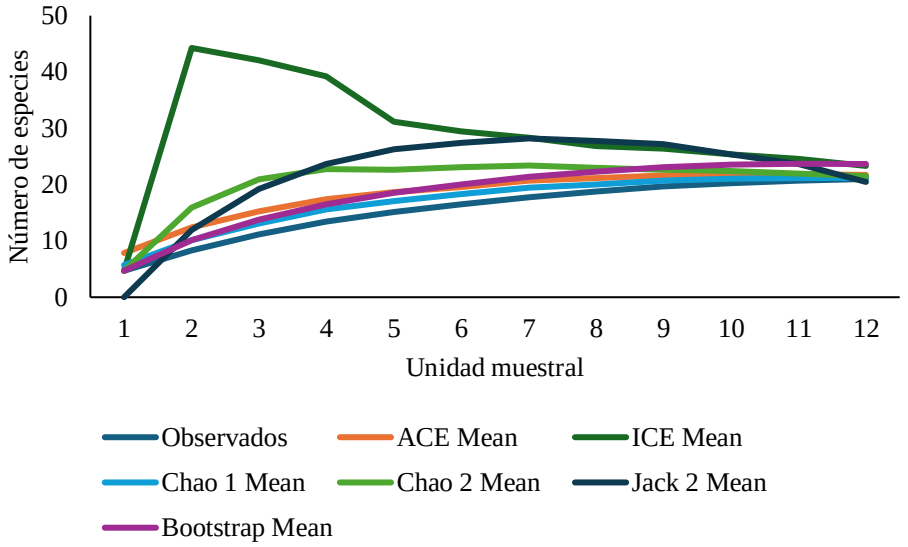


Figura 25. Curva de acumulación de especies – Aves Arbustal

Tabla 23. Relación de los índices de acumulación de especies para la cobertura Arbustal

UNIDADES MUESTRALES	ESPECIES OBSERVADAS	Ace	Ice	Chao 2	Jack 2	Bootstrap
12	21	21.74	23.34	21.5	20.42	23.63
% EFICIENCIA DEL MUESTREO		96.6	90.0	97.7	102.8	88.9

- Curvas de acumulación de especies Herbazal

La curva de acumulación de especies para las aves registradas en la cobertura de herbazal, basada en 10 unidades muestrales, revela una eficiencia de muestreo alta. Se registraron 16 especies observadas, mientras que los estimadores no paramétricos proyectan valores ligeramente superiores: ACE (17.75), ICE (19.42), Chao 2 (17.8), Jackknife 2 (21.66) y Bootstrap (18.22). Estas estimaciones sugieren que podrían existir entre 1 y 5 especies adicionales no detectadas en el esfuerzo actual.

La eficiencia del muestreo, calculada como el porcentaje de especies observadas respecto al total estimado por cada índice, varía entre 73.9% y 90.1%, siendo más alta para ACE (90.1%) y Chao 2 (89.9%), y más baja para Jackknife 2 (73.9%). Esta variabilidad entre estimadores

refleja diferencias en la sensibilidad a especies raras o de baja frecuencia, especialmente en hábitats abiertos como el herbazal, donde la detectabilidad puede verse afectada por factores como el comportamiento críptico, el uso de estratos bajos y la movilidad de las especies (Colwell & Coddington, 1994; Bibby et al., 2000).

La forma de la curva observada muestra una tendencia ascendente con signos de estabilización, lo que indica que el muestreo ha capturado la mayoría de las especies comunes, pero aún podría incrementarse la representatividad mediante un mayor esfuerzo o técnicas complementarias como puntos de conteo o grabaciones acústicas. La diferencia entre estimadores como ICE y Jackknife 2 sugiere que algunas especies de baja frecuencia —posiblemente insectívoras de sotobosque o frugívoras de paso— no fueron detectadas en las unidades muestrales actuales (**Figura 26**).

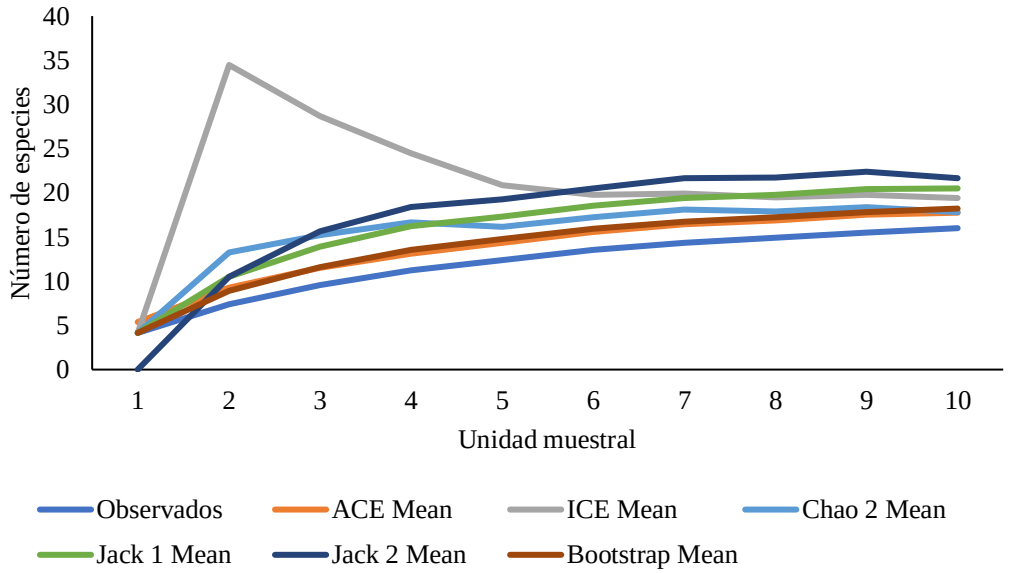


Figura 26. Curva de acumulación de especies – Aves Herbazal

Tabla 24. Relación de los índices de acumulación de especies para la cobertura Herbazal

UNIDADES MUESTRALES	ESPECIES OBSERVADAS	Ace	Ice	Chao 2	Jack 2	Bootstrap
10	16	17.75	19.42	17.8	21.66	18.22
% EFICIENCIA DEL MUESTREO		90.1	82.4	89.9	73.9	87.8

4.2.2.3. Análisis de diversidad alfa

La comparación de la diversidad alfa entre las coberturas de arbustal y herbazal revela diferencias significativas en la estructura de las comunidades de aves. En términos de riqueza específica (Taxa_S), el arbustal presentó 21 especies, mientras que el herbazal

registró 16, lo que indica una mayor heterogeneidad taxonómica en el primero. Esta diferencia puede atribuirse a la mayor complejidad estructural del arbustal, que ofrece múltiples estratos y microhábitats para el establecimiento de gremios tróficos diversos (Bibby et al., 2000; Rangel-Churio, 2015).

Sin embargo, el número total de individuos fue mayor en el herbazal (125) que en el arbustal (103), lo que sugiere que, aunque menos diverso en especies, el herbazal alberga poblaciones más densas, posiblemente dominadas por especies generalistas o altamente adaptadas a ambientes abiertos. Este patrón es común en ecosistemas de páramo, donde las condiciones climáticas extremas y la baja cobertura vegetal favorecen la abundancia de especies con alta tolerancia ecológica (Stotz et al., 1996).

Los índices de diversidad reflejan estas diferencias con mayor precisión. El índice Simpson 1-D, que mide la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar pertenezcan a especies distintas, fue más alto en el arbustal (0.9383) que en el herbazal (0.8974), indicando una mayor equidad en la distribución de abundancias entre especies. Este resultado sugiere que en el arbustal no solo hay más especies, sino que están representadas de forma más equilibrada, sin dominancias marcadas.

El índice Shannon-H, que combina riqueza y equidad, también fue superior en el arbustal (2.92) frente al herbazal (2.45), confirmando que la cobertura arbustal sostiene una comunidad aviar más diversa y estructuralmente compleja. Este valor se asocia con ecosistemas que ofrecen mayor variedad de recursos alimenticios, refugios y oportunidades de nidificación, favoreciendo la coexistencia de múltiples gremios tróficos (Magurran, 2004).

Tabla 25. Índices de diversidad estimados para la comunidad de aves en las coberturas presentes en el área de estudio.

Índice	Arbustal	Herbazal
Taxa_S	21	16
Individuals	103	125
Simpson_1-D	0.9383	0.8974
Shannon_H	2.92	2.45

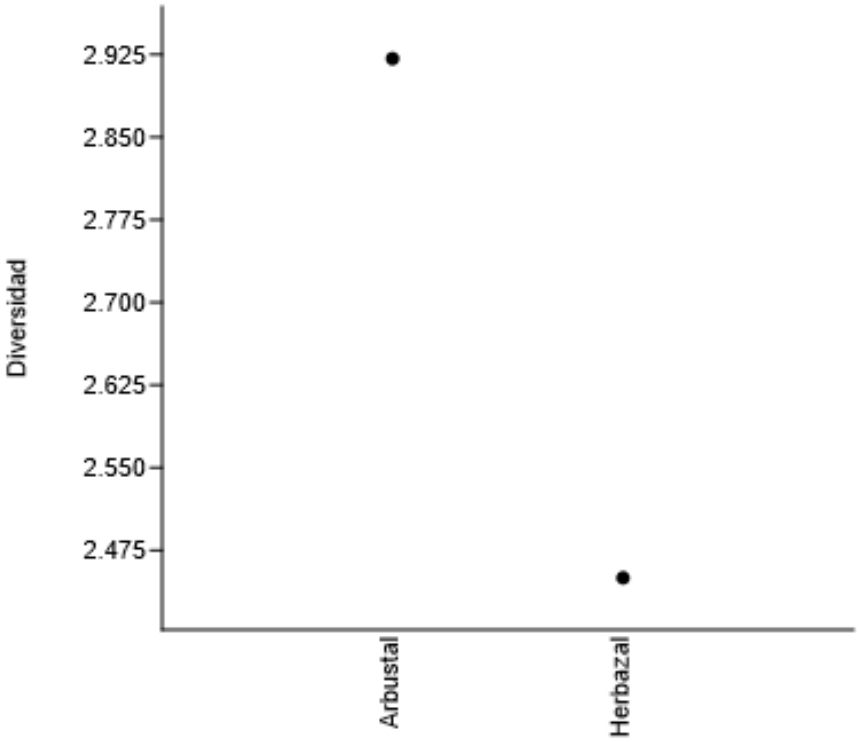


Figura 27. Índice de Shannon para aves de acuerdo con la cobertura.

4.2.2.4. Análisis de diversidad beta

El grado de diferenciación en la composición de especies entre comunidades, revela una marcada disimilitud entre las coberturas de arbustal y herbazal. El análisis basado en el índice de Jaccard, que considera la proporción de especies compartidas respecto al total de especies presentes, muestra una baja similitud entre ambas localidades. Esta tendencia se confirma en el dendrograma de agrupamiento jerárquico, donde la fusión entre arbustal y herbazal ocurre en un nivel de similitud cercano a 0.50, lo que indica que estas comunidades presentan composiciones florísticas y funcionales claramente diferenciadas.

De las 26 especies registradas, solo 11 fueron compartidas entre ambas coberturas, mientras que 9 especies fueron exclusivas del arbustal y 7 del herbazal. Esta diferenciación se explica por la variación en estructura vegetal, disponibilidad de recursos y condiciones microclimáticas entre los dos tipos de cobertura. El arbustal, con mayor complejidad vertical y diversidad de estratos, favorece la presencia de especies como *Ampelion rubrocristatus, Chlorornis riefferii, Coeligena coeligena y Ochthoeca fumicolor*, ausentes en el herbazal. Por su parte, el herbazal alberga especies como *Arremon assimilis, Geranoaetus albicaudatus, Mecocerculus leucophrys* y *Zentrygon frenata*, que no fueron registradas en el arbustal.

La abundancia relativa también muestra contrastes importantes. Por ejemplo, *Orochelidon murina* fue más abundante en el herbazal (22 individuos) que en el arbustal (7), mientras que *Diglossa lafresnayii* y *Cistothorus platensis* mostraron mayor representación en el arbustal. Estos patrones sugieren que, además de diferencias en riqueza específica, existen variaciones en la dominancia y estructura poblacional entre coberturas, lo que refuerza la necesidad de conservar ambos tipos de hábitat para mantener la integridad funcional del ecosistema.

Desde una perspectiva funcional, la diferenciación entre coberturas también se refleja en la distribución de gremios tróficos. El arbustal favorece gremios nectarívoros y frugívoros, mientras que el herbazal concentra insectívoros aéreos y especies generalistas. Esta complementariedad ecológica entre coberturas contribuye a la resiliencia del paisaje altoandino, permitiendo la coexistencia de múltiples estrategias adaptativas y procesos ecológicos clave como la polinización, el control de insectos y la dispersión de semillas (Magurran, 2004; Rangel-Churio, 2015).

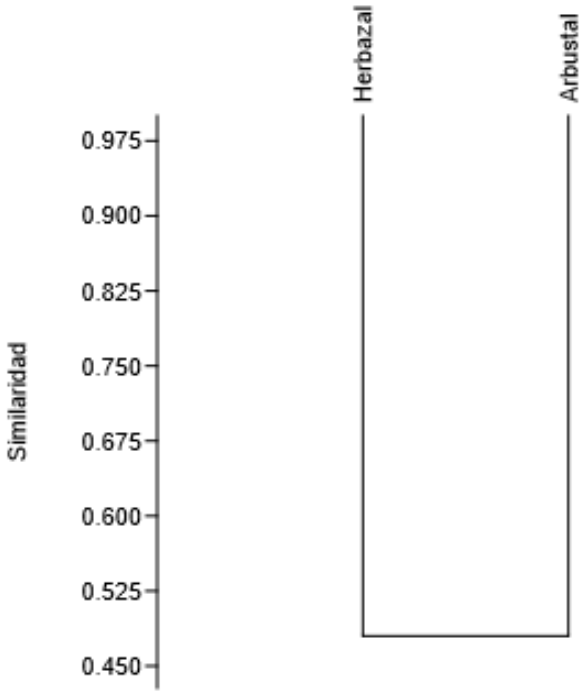


Figura 28. Análisis de similitud para comunidad de aves

4.2.2.5. Análisis gremial

La comunidad de aves registrada en el ecosistema altoandino muestra una marcada diversidad funcional, estructurada en ocho gremios tróficos: carnívoros, frugívoros, frugívoros-granívoros, granívoros-insectívoros, insectívoros, insectívoros-frugívoros, nectarívoros y omnívoros. Esta clasificación refleja la amplitud de estrategias alimenticias presentes en el sistema, desde depredadores tope hasta especies generalistas, y permite inferir la complejidad de las interacciones ecológicas que sustentan procesos como la polinización, el control de insectos y la dispersión de semillas (Stotz et al., 1996; Magurran, 2004).

El gremio insectívoro fue el más diverso, con ocho especies que incluyen *Cistothorus platensis*, *Grallaria alvarezi*, *Orochelidon murina* y *Scytalopus canus*. Estas aves ocupan distintos estratos del hábitat, desde el sotobosque hasta el dosel y el espacio aéreo, y cumplen un rol esencial en la regulación de poblaciones de artrópodos. Su abundancia y diversidad confirman que el control biológico es uno de los procesos más activos en el ensamblaje aviar altoandino (Remsen, 2003). Por su parte, los nectarívoros, representados por colibríes y florívoros especializados como *Diglossa lafresnayii* y *Chalcostigma herrani*, aportan significativamente a la polinización de especies vegetales adaptadas a corolas profundas y pigmentación contrastante, reforzando la interdependencia entre aves y flora (Feinsinger, 1983; Stiles, 1981).

Los gremios frugívoro y frugívoro-granívoro, con especies como *Ampelion rubrocristatus*, *Amazona mercenarius* y *Patagioenas fasciata*, cumplen funciones críticas en la dispersión de semillas, favoreciendo la regeneración vegetal y la conectividad entre coberturas. Estas aves suelen presentar movimientos altitudinales estacionales, lo que amplifica su rol como vectores ecológicos entre el bosque montano y el páramo (Renton, 2004). En contraste, los granívoros-insectívoros como *Zonotrichia capensis* y *Arremon assimilis* muestran una dieta más generalista, lo que les permite adaptarse a variaciones en la disponibilidad de recursos y ocupar hábitats abiertos como el herbazal.

Finalmente, los carnívoros (*Geranoaetus albicaudatus* y *G. polyosoma*) y el omnívoro *Turdus fuscater* completan la estructura funcional del ensamblaje. Aunque los rapaces presentan baja abundancia, su presencia confirma la existencia de depredadores tope, esenciales para la regulación de vertebrados menores y como indicadores de integridad ecosistémica (Bildstein, 2001). *Turdus fuscater*, por su parte, destaca por su plasticidad trófica, actuando como conector entre gremios y facilitador de múltiples procesos ecológicos. En conjunto, la estructura de gremios tróficos registrada evidencia un ecosistema funcionalmente robusto, donde la complementariedad alimenticia asegura la resiliencia frente a perturbaciones y el mantenimiento de la biodiversidad.

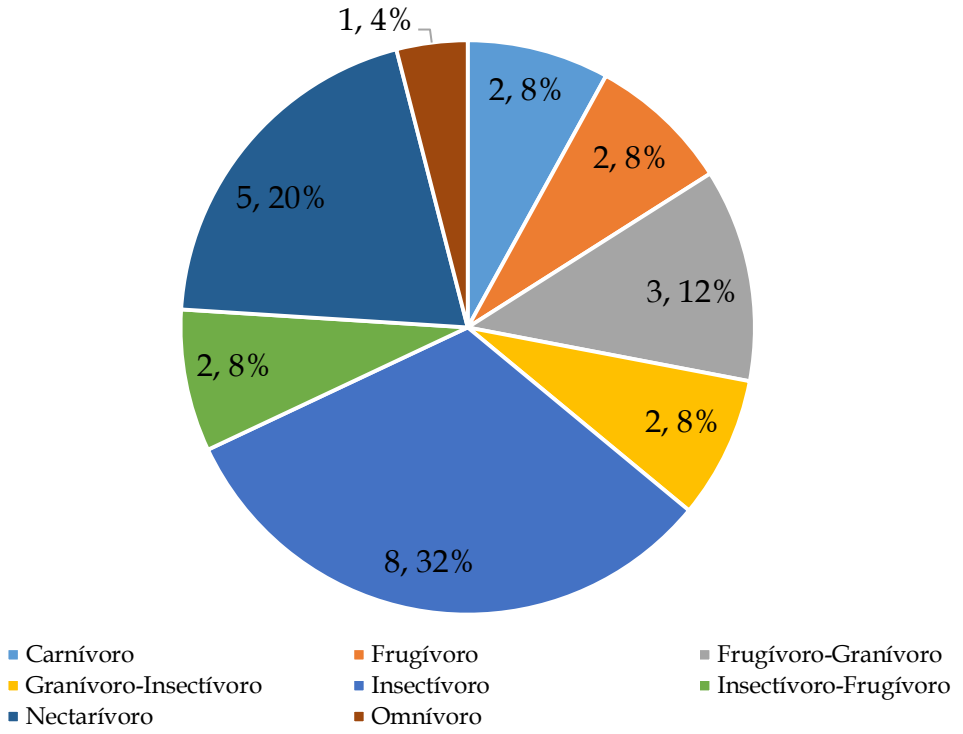


Figura 29. Porcentaje del número de especies de aves por gremio trófico registradas.

4.2.2.6. Especies de interés ecológico, endémicas y/o migratorias

El conjunto de especies refleja distintos niveles de relevancia ecológica y conservación. *Amazona mercenarius*, aunque no es endémica de Colombia, se encuentra bajo regulación internacional en el Apéndice II de CITES, lo que restringe su comercio debido a la presión que enfrentan los psitácidos en general. Su categoría de Preocupación Menor (LC) en la UICN indica que no enfrenta amenazas críticas a nivel global, pero su rol como dispersor de semillas en bosques montanos lo convierte en un elemento clave para la regeneración vegetal (Renton, 2004).

Los colibríes *Chalcostigma herrani, Coeligena coeligena* y *Metallura tyrianthina*, también figuran en CITES II, reflejando la sensibilidad del grupo frente al comercio ilegal y la necesidad de regulación internacional. Aunque todos se encuentran en categoría LC en la UICN, su importancia ecológica es sobresaliente: son polinizadores esenciales de la flora altoandina, particularmente de especies con corolas profundas y pigmentación adaptada a sus preferencias (Feinsinger, 1983; Stiles, 1981).

Entre las especies endémicas, *Grallaria alvarezi* y *Scytalopus canus* representan casos de especial interés. *Grallaria alvarezi*, descrita recientemente, aún no ha sido evaluada por la UICN (NE) ni aparece en listados nacionales, lo que refleja un vacío de información crítica

sobre su estado poblacional. Su endemismo restringido a los Andes colombianos la convierte en una especie prioritaria para estudios de conservación y monitoreo. Por su parte, *Scytalopus canus* está categorizada como Casi Amenazada (NT) por la UICN y figura como En Peligro (EN) en la Resolución 0126 de 2024 del MADS, lo que confirma su vulnerabilidad frente a la pérdida de hábitat y la fragmentación de matorrales altoandinos (Remsen, 2003; Rangel-Churio, 2015).

Tabla 26. Especies de aves prioritarias de conservación.

Especie	Endémica (Colombia)	Migratoria	UICN	CITES	Amenazada en Colombia (Res. 0126, 2024)
Amazona mercenarius	No	No	LC	II	No
Chalcostigma herrani	No	No	LC	II	No
Coeligena coeligena	No	No	LC	II	No
Grallaria alvarezi	Sí	No	NE	No	No
Metallura tyrianthina	No	No	LC	II	No
Scytalopus canus	Sí	No	NT	No	EN

4.2.2.7. Análisis comparativo

La avifauna registrada en el sector de páramo del PNN Farallones de Cali presenta un ensamblaje característico de ecosistemas altoandinos y de páramo, tanto en términos taxonómicos como funcionales, y es coherente con los patrones documentados para otros complejos paramunos de la Cordillera Occidental, como Frontino–Urrao y Páramo del Duende (Krabbe et al., 2006; Chaparro-Herrera et al., 2019; Estela et al., 2004). La dominancia de Passeriformes, junto con una alta representación de familias como Thraupidae, Troglodytidae, Tyrannidae e Hirundinidae, coincide con lo reportado para comunidades de aves de alta montaña, donde estos grupos presentan una elevada plasticidad ecológica y una amplia diversidad de gremios tróficos (Hilty & Brown, 1986; Rangel-Churio, 2015).

En comparación con estudios exhaustivos como los realizados en el Páramo de Frontino–Urrao, donde se han registrado más de 150 especies a lo largo de amplios gradientes altitudinales (Krabbe et al., 2006; Chaparro-Herrera et al., 2019), la riqueza observada en el área de estudio es menor, lo cual es esperable considerando la escala espacial más reducida y el enfoque en coberturas específicas (arbustal y herbazal). No obstante, la composición de especies refleja un ensamblaje típico y representativo del páramo occidental, compartiendo numerosos taxones con estos complejos mejor estudiados, lo que respalda la validez biogeográfica de los registros obtenidos.

El análisis por coberturas evidencia diferencias claras en la estructura de las comunidades, patrón que ha sido ampliamente documentado en ecosistemas de páramo (Rangel-Ch., 2000; Pérez et al., 2015; Vargas-Ríos, 2015). El arbustal presentó mayor riqueza específica y valores superiores de diversidad alfa (Shannon y Simpson), lo que se asocia a una mayor complejidad estructural y disponibilidad de microhábitats, favoreciendo la coexistencia de gremios nectarívoros, frugívoros e insectívoros especializados (Bibby et al., 2000; Rangel-Churio, 2015). Este comportamiento es consistente con lo observado en otros páramos andinos, donde los arbustales funcionan como zonas clave de transición entre el bosque altoandino y los herbazales abiertos.

Por su parte, el herbazal mostró una menor riqueza, pero una mayor abundancia total de individuos, dominada por especies generalistas e insectívoras aéreas como *Orochelidon murina* y *Cistothorus platensis*. Este patrón ha sido descrito previamente para ambientes abiertos de páramo, donde las condiciones climáticas extremas y la menor complejidad vegetal favorecen altas densidades de especies adaptadas a estos hábitats (Stotz et al., 1996; Magurran, 2004). La marcada disimilitud entre coberturas, evidenciada por el análisis de diversidad beta, refuerza la importancia de conservar ambos tipos de hábitat para mantener la heterogeneidad funcional del paisaje altoandino.

Desde una perspectiva funcional, la comunidad de aves registrada exhibe una estructura gremial diversa y complementaria, con predominio de insectívoros y nectarívoros, lo cual resalta la relevancia de procesos ecológicos como el control de artrópodos y la polinización en el ecosistema evaluado (Feinsinger, 1983; Remsen, 2003). La presencia de frugívoros y frugívoros–granívoros, como *Amazona mercenarius* y *Patagioenas fasciata*, aporta además a la dispersión de semillas y a la conectividad ecológica entre coberturas y gradientes altitudinales, patrón ampliamente documentado en bosques montanos y páramos andinos (Renton, 2004).

La detección de especies endémicas y de interés para la conservación, como *Grallaria alvarezi* y *Scytalopus canus*, es consistente con lo reportado para otros páramos de la Cordillera Occidental, donde los ecotonos entre bosque altoandino y páramo albergan altos niveles de endemismo (Krabbe et al., 2009; Chaparro-Herrera et al., 2019). En particular, *Scytalopus canus*, categorizada como En Peligro (EN) a nivel nacional constituye un indicador sensible de la pérdida y fragmentación de matorrales altoandinos, reforzando el valor del área de estudio como refugio para especies vulnerables (Avendaño et al., 2017).

En conjunto, los resultados de campo, integrados con la información bibliográfica disponible, confirman que el área de estudio alberga una avifauna típica, funcionalmente diversa y de alto valor de conservación, comparable con otros ecosistemas paramunos de la

cordillera Occidental. Aunque persisten vacíos de información para algunos sectores, los datos obtenidos constituyen una línea base robusta para la evaluación del estado de conservación del ecosistema y resaltan la necesidad de fortalecer esfuerzos de monitoreo a largo plazo que permitan evaluar cambios en la composición, estructura y funcionalidad de las comunidades de aves frente a presiones ambientales y al cambio climático.

4.2.2.8. Conclusiones y recomendaciones avifauna

La caracterización de la avifauna del páramo de la subcuenca Pance en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali evidencia una comunidad de aves representativa de ecosistemas altoandinos y de páramo, influenciada por el gradiente altitudinal y la estructura de las coberturas de arbustal y herbazal. La composición registrada incluye especies residentes típicas de alta montaña, así como especies de amplia distribución en los Andes, lo que resalta el papel del área como zona de transición ecológica y de conectividad biológica.

Los valores de riqueza y diversidad obtenidos, junto con las curvas de acumulación de especies, indican que el esfuerzo de muestreo realizado mediante puntos de conteo fue adecuado para caracterizar la comunidad de aves presente en las coberturas evaluadas durante el periodo de estudio. La integración de observaciones visuales y auditivas permitió una identificación confiable de las especies, mientras que el monitoreo acústico pasivo contribuyó de manera complementaria a fortalecer la detección de especies crípticas o de baja detectabilidad.

La estructura trófica de la comunidad de aves refleja la dominancia de gremios insectívoros y frugívoros, lo cual resalta la importancia funcional de estas especies en procesos ecológicos clave como el control de poblaciones de insectos y la dispersión de semillas en los ecosistemas de páramo. La presencia de especies prioritarias para la conservación confirma el valor del páramo de Pance como hábitat estratégico para la biodiversidad de aves de alta montaña en la cordillera Occidental.

Se recomienda fortalecer los programas de monitoreo de avifauna mediante la implementación de muestreos periódicos y de mayor cobertura temporal, que permitan evaluar variaciones estacionales y tendencias poblacionales a mediano y largo plazo. Asimismo, se sugiere ampliar el muestreo hacia otros sectores del páramo y su zona de transición, con el fin de obtener una visión más integral de la avifauna del Parque Nacional Natural Farallones de Cali.

Adicionalmente, se recomienda mantener y reforzar las medidas de conservación orientadas a preservar la estructura y conectividad de las coberturas vegetales, dado su papel fundamental en la provisión de hábitat y recursos para las aves.

4.3. MAMÍFEROS

4.3.1. Revisión bibliográfica

Los estudios mastozoológicos en los páramos de la cordillera Occidental se caracterizan por ser escasos; no obstante, algunos trabajos históricos, inventarios regionales y proyectos recientes de monitoreo han permitido aportar de manera preliminar al estado del conocimiento sobre la composición y singularidad de los mamíferos asociados a estos ecosistemas altoandinos (Solari et al., 2013; Instituto Humboldt, 2017). Actualmente, los registros más representativos para mamíferos en el contexto paramuno de la Cordillera Occidental se concentran en el complejo Frontino–Urrao (Antioquia), el sector de alta montaña del PNN Farallones de Cali (Valle del Cauca) y, de manera indirecta, en áreas protegidas del norte de la cordillera como el PNN Las Orquídeas. Uno de los registros históricos más relevantes corresponde al tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*), cuya presencia en la cordillera Occidental fue confirmada mediante un ejemplar colectado en 1911 en el Páramo de Frontino, constituyendo el registro más boreal de la especie en esta cordillera (Arias-Alzate et al., 2010). Dicho hallazgo sugiere que los páramos de Frontino hicieron parte de la distribución histórica del tapir; sin embargo, los autores advierten que este registro corresponde a una distribución pasada y que la presencia actual de la especie no ha sido confirmada mediante estudios de campo recientes. En este mismo complejo paramuno, los únicos grandes mamíferos documentados de forma contemporánea corresponden al oso andino (*Tremarctos ornatus*) y al puma (*Puma concolor*), lo que evidencia una reducción importante del ensamble histórico de grandes mamíferos altoandinos (Arias-Alzate et al., 2010).

En el departamento del Valle del Cauca, el sector de alta montaña del PNN Farallones de Cali es el mejor documentado para mamíferos dentro del contexto paramuno, aunque las investigaciones han estado fuertemente limitadas por las dificultades de acceso, la topografía abrupta y su condición de zona intangible. En el año 2021, en el marco de la expedición biológica “Una isla en las nubes”, liderada por la Universidad Javeriana Cali, la Universidad del Valle y Parques Nacionales Naturales, se implementó un sistema de fototrampeo en el sector Minas–Peñas Blancas (2840–3709 m.s.n.m.), registrándose de manera preliminar especies como oso andino (*Tremarctos ornatus*), tigrillo (*Leopardus tigrinus*), venado de páramo (*Andinocervus rufinus*), tayra (*Eira barbara*) y ardillas del género *Sciurus*, confirmando la importancia de estos bosques altoandinos y el páramo como hábitat funcional para mamíferos medianos y grandes (Proyecto Panthera Colombia, 2021).

Los estudios mastozoológicos en otros complejos de alta montaña de la cordillera Occidental siguen siendo limitados y en su mayoría, se han desarrollado como parte de inventarios regionales generales más que en evaluaciones específicas de páramo. En el departamento

de Risaralda, Castaño et al. (2017) consolidar un inventario de 132 especies de mamíferos, distribuidas en 10 órdenes y 30 familias, con un claro predominio de quirópteros y roedores; aunque este inventario se enfoca principalmente en bosques subandinos y andinos, varias de las especies registradas presentan rangos altitudinales que alcanzan el subpáramo y el páramo. En el Cauca y el Valle del Cauca, los registros disponibles corresponden principalmente a reportes históricos y listados regionales dispersos, sin programas sistemáticos de monitoreo mastozoológico en ecosistemas paramunos (Abad & Alberico, s. f.; Cuervo et al., 1986; Rangel-Churio et al., 2000).

En el norte de la cordillera Occidental, los inventarios de largo plazo desarrollados en el Parque Nacional Natural Las Orquídeas han permitido documentar de manera progresiva la diversidad de mamíferos a lo largo del gradiente altitudinal, mediante el uso combinado de cámaras trampa, redes de niebla para quirópteros y trampas para micromamíferos, evidenciando que el número de especies registradas aumenta conforme se incrementa el esfuerzo de muestreo (Peñuela-Gómez et al, 2016). Si bien la mayoría de los registros provienen de bosques montanos, estos estudios confirman la alta conectividad funcional entre el bosque altoandino y el subpáramo, con implicaciones directas para la conservación de los mamíferos asociados al sistema paramuno.

En conclusión, el conocimiento disponible sobre los mamíferos de los páramos de la cordillera Occidental es aún escaso, fragmentado y espacialmente concentrado, limitándose principalmente a registros históricos del complejo Frontino–Urrao, esfuerzos recientes en el sector paramuno del PNN Farallones de Cali y estudios regionales en áreas protegidas aledañas como Las Orquídeas. Al comparar los resultados de los trabajos existentes se observa que la mastofauna paramuna está dominada por especies con amplios rangos altitudinales, estrechamente ligadas a los bosques altoandinos adyacentes, con presencia de especies emblemáticas y altamente vulnerables como el oso andino, el venado de páramo y el tapir de montaña. La escasez de inventarios sistemáticos y de monitoreo a largo plazo limita una comprensión detallada de la composición, estructura y dinámica de las comunidades de mamíferos paramunos, resaltando el alto valor biológico y de conservación de estos ecosistemas y la urgente necesidad de fortalecer la investigación mastozoológica en los páramos de la cordillera Occidental.

4.3.2. Trabajo de campo

A continuación, se presenta la información de la caracterización realizada en campo. En la Tabla 27 se presentan las coordenadas de los puntos de muestreo y observaciones de mamíferos realizadas y en la Figura 30- 32 su ubicación espacial, posteriormente encontraran la información de la caracterización.

Tabla 27. Ubicación de los puntos de muestreo de mamíferos

Nombre	Este	Norte	Nombre	Este	Norte
B-001	4589698,59	1926796,24	Cámara 08	4589548,78	1926789,83
Cámara 01	4596389,71	1933187,88	Cámara 09	4589740,42	1926822,99
Cámara 02	4589258,63	1927811,77	Cámara 10	4589706,25	1926614,63
Cámara 03	4589250,11	1927942,68	ExOso-001	4589428,21	1926981,61
Cámara 04	4589257,32	1928025,14	PP-001	4589437,66	1927364,23
Cámara 05	4589170,78	1928063	PP-002	4589379,18	1927496,98
Cámara 06	4589367,95	1927971,57	PP-003	4589269,22	1928021,88
Cámara 07	4589305,8	1928222,59			

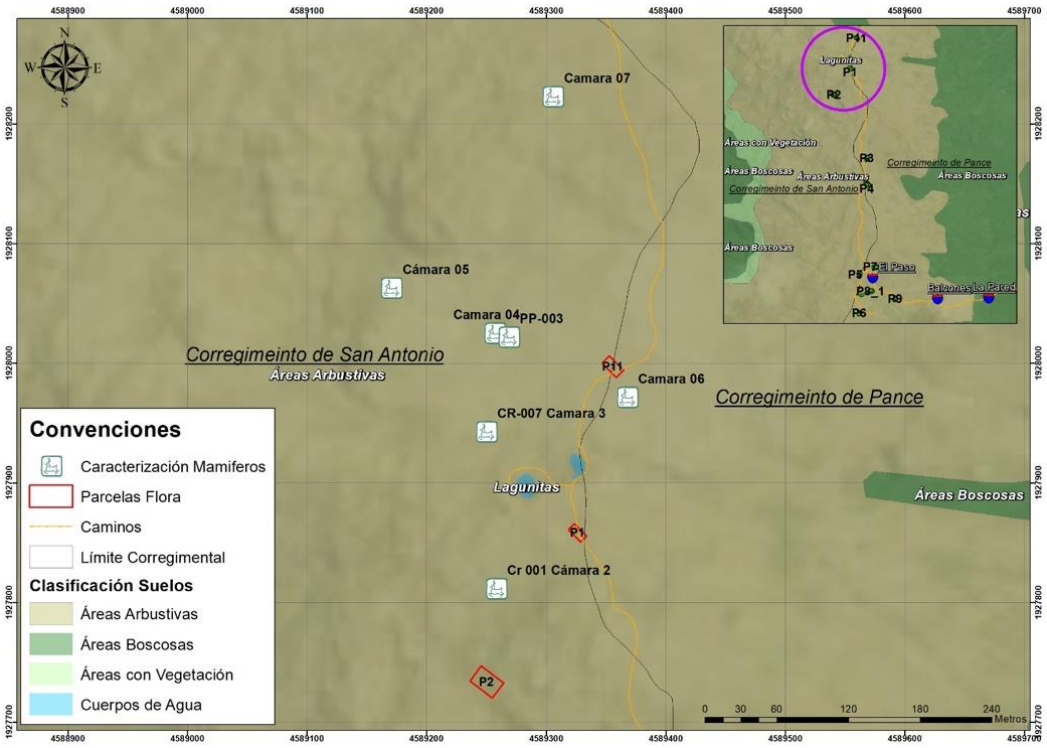


Figura 30. Ubicación de las observaciones de mamíferos en el primer bloque de muestreo

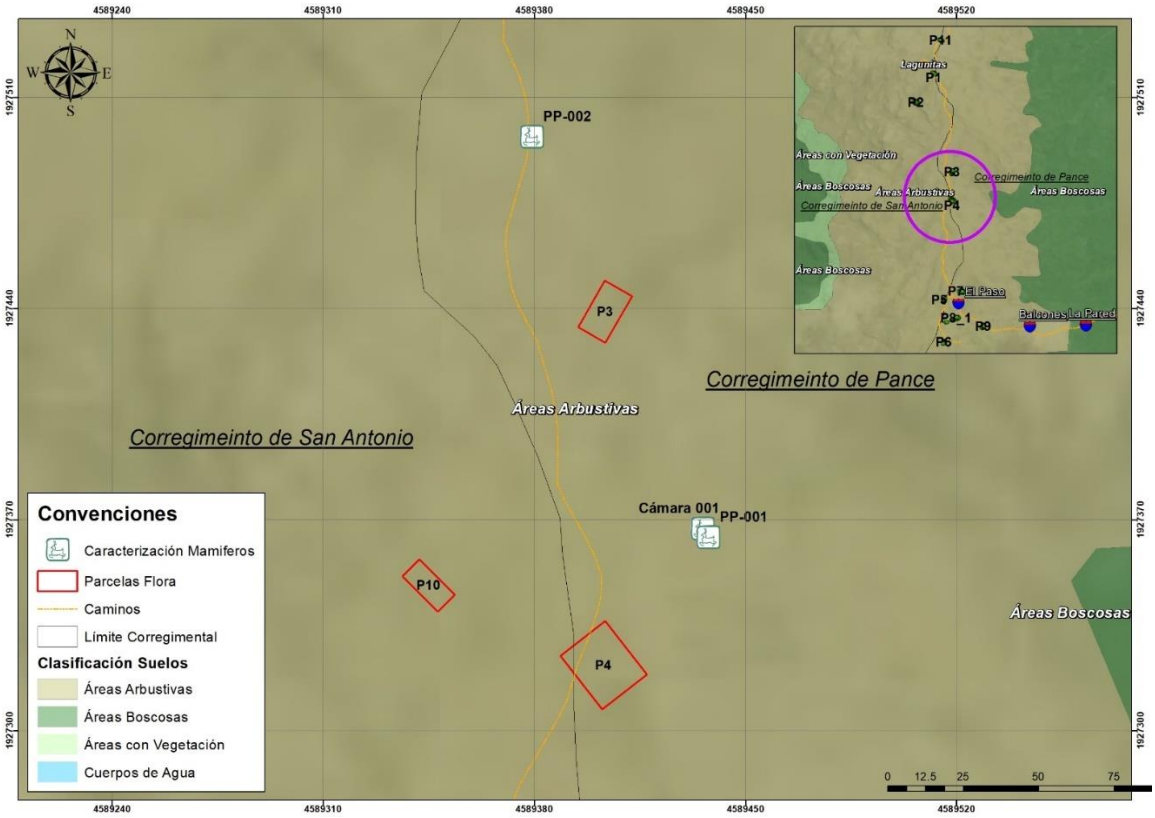


Figura 31. Ubicación de las observaciones de mamíferos en el segundo bloque de muestreo

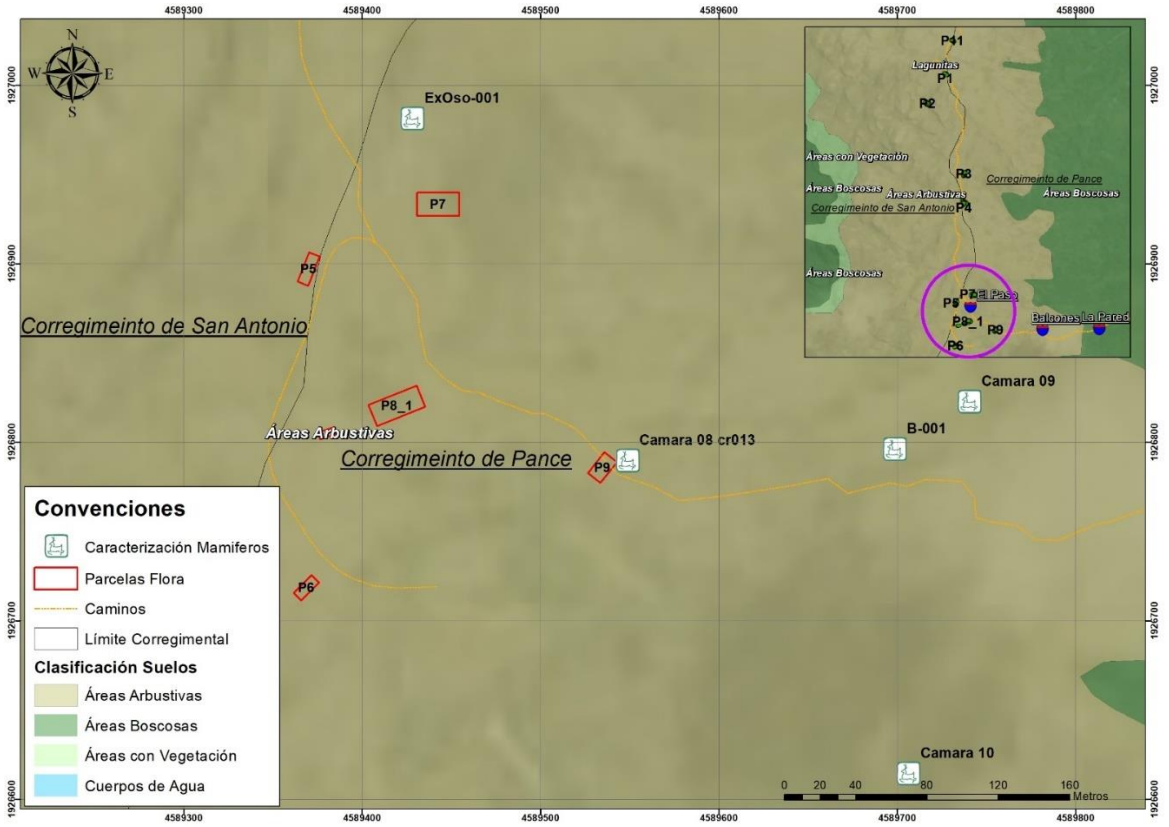


Figura 32 Ubicación de las observaciones de mamíferos en el tercer bloque de muestreo

4.3.2.1. Composición, estructura y riqueza de especies

Durante la salida de campo se registraron seis especies de mamíferos, correspondientes a cuatro órdenes y seis familias (Figura 33). Las especies identificadas incluyen *Dicotyles tajacu*, *Sylvilagus fulvescens*, *Tremarctos ornatus*, *Lycalopex culpaeus*, *Puma concolor* y *Andinocervus rufinus*, lo que evidencia la presencia de mamíferos medianos y grandes con distintos requerimientos ecológicos, estrategias de uso del hábitat y niveles tróficos. Los registros obtenidos reflejan una comunidad integrada por consumidores primarios (herbívoros), omnívoros y depredadores topes, lo cual resalta la importancia del área de estudio para el mantenimiento de procesos ecológicos fundamentales, tales como la regulación de poblaciones, la dispersión de semillas y el equilibrio de las redes tróficas. La presencia simultánea de especies presa y grandes carnívoros sugiere la existencia de una estructura trófica funcional, condición generalmente asociada a ecosistemas con cierto grado de integridad ecológica y conectividad del paisaje (Terborgh et al., 1999; Estes et al., 2011; Crooks et al., 2011; Ripple et al., 2014).



Figura 33. Mamíferos registrados durante el muestreo. ***A) Dicotyles tajacu, B) Sylvilagus fulvescens, C) heces de Tremarctos ornatus, D) huella Lycalopex culpaeus, E) huella de Puma concolor y F) Andinocervus rufinus,***

Fuente: Equipo Proagua - 2025

La detección de especies como *Puma concolor* y *Tremarctos ornatus* reviste especial relevancia ecológica, dado que ambas presentan amplios rangos de hogar, baja tolerancia a la fragmentación y alta sensibilidad a las presiones antrópicas. Su presencia sugiere que el área aún conserva condiciones de hábitat adecuadas para el uso temporal o permanente por parte de mamíferos de alta exigencia ecológica (Sunquist & Sunquist, 2002; Crooks, 2002; Rodríguez et al., 2003; Goldstein et al.,

2008; Ripple et al., 2014). Si bien la riqueza de especies registrada representa una fracción reducida de la diversidad total de mamíferos reportada para Colombia y para el Parque Nacional Farallones de Cali, los resultados aportan información relevante sobre la composición y estructura de la mastofauna de la zona de paramo, constituyéndose en indicadores clave del estado de conservación del ecosistema, particularmente en ambientes de alta montaña donde las comunidades de mamíferos suelen presentar menor riqueza, pero alto valor ecológico (Ramírez-Chávez et al., 2021; Cuartas-Calle & Muñoz-Arango, 2003).

De manera particular, el registro de *Dicotyles tajacu* resulta de especial interés biológico, ya que representa una posible ampliación del rango altitudinal conocido para la especie en Colombia. De acuerdo con la información disponible, esta especie ha sido reportada previamente en el país hasta aproximadamente los 2.800 m.s.n.m. (Pérez-Gómez et al., 2025), mientras que el registro obtenido mediante trampa cámara en el área de estudio se localiza a 3.900 m.s.n.m. Este hallazgo sugiere una mayor plasticidad ecológica de la especie frente a condiciones ambientales propias de la alta montaña, como bajas temperaturas y menor disponibilidad de recursos. Cabe señalar que, dentro de su distribución general, *D. tajacu* ha sido documentado en elevaciones que alcanzan los 3.000 m s. n. m., particularmente en regiones de Mesoamérica y zonas montañas, donde se reconoce su capacidad de ocupar ambientes de montaña bajo condiciones adecuadas de cobertura y oferta trófica (Emmons & Feer, 1997; Reid, 2009; IUCN, 2023).

Adicionalmente, en el año 2025 se reportó un individuo de *Dicotyles tajacu* a una altitud aproximada de 3.000 m s. n. m. en el Parque Nacional Natural Puracé, departamento del Cauca; no obstante, se considera que dicho registro podría corresponder a un individuo traslocado, por lo que su presencia no necesariamente refleja una expansión natural del rango altitudinal de la especie (Pisso-Flórez et al., 2025). Asimismo, existen registros históricos de otro tayasúido, *Tayassu pecari*, en el municipio de Totoró, Cauca, a elevaciones cercanas a los 3.000 m s. n. m.; sin embargo, no se cuenta con evidencias recientes que confirmen la persistencia de poblaciones actuales de esta especie en dichas zonas altoandinas (Ramírez-Chaves & Pérez, 2010), lo que refuerza la relevancia biogeográfica y ecológica del hallazgo reportado en el presente estudio.

Estos antecedentes respaldan la plausibilidad ecológica del registro obtenido y resaltan su importancia para la actualización del conocimiento sobre la distribución altitudinal de la especie en el país. No obstante, debido a la calidad limitada de la imagen obtenida, se recomienda implementar un muestreo adicional y de mayor esfuerzo, que permita confirmar de manera robusta el registro y su implicación como ampliación de la distribución altitudinal. En conjunto, los resultados obtenidos constituyen una línea base valiosa para el conocimiento de la mastofauna de páramo del sector de Pico Pance y destacan la relevancia del área de estudio para la conservación de especies clave, así como la necesidad de fortalecer futuros esfuerzos de monitoreo que permitan confirmar patrones de uso del hábitat, ocupación y distribución altitudinal de las especies registradas.

Para el análisis de la información obtenida mediante trampas cámara se generaron métricas básicas de frecuencia de detección y registros por noche-cámara, con el fin de evaluar la eficiencia del muestreo y la detectabilidad de las especies registradas. Si bien durante el período de monitoreo se instalaron diez trampas cámara, todas presentaron activaciones; únicamente dos cámaras obtuvieron registros efectivos de mamíferos, correspondientes a un individuo de *Sylvilagus fulvescens* en una estación y un posible individuo de *D. tajacu* en otra. Las restantes ocho cámaras no registraron presencia de mamíferos, a pesar de evidenciar activaciones, lo que sugiere eventos asociados a factores no biológicos (movimiento de vegetación, variaciones térmicas u otros estímulos ambientales).

A partir de los registros obtenidos se construyeron matrices de detección/no detección por cámara, organizadas en bloques temporales diarios (1 = detección, 0 = no detección). No obstante, la baja frecuencia de detecciones y el reducido número de cámaras con registros positivos limitan la aplicación robusta de modelos de ocupación de una temporada. En este contexto, las estimaciones de la probabilidad de ocupación (ψ) y la probabilidad de detección (p) deben interpretarse con cautela, ya que los datos disponibles reflejan una ocupación aparente baja y una detectabilidad limitada, más asociada al escaso número de eventos registrados que a la ausencia real de las especies en el área de estudio.

En términos de ocupación, los resultados sugieren que tanto *Sylvilagus fulvescen* como *Dicotyles tajacu* presentan uso puntual del área durante el periodo de muestreo, lo cual puede estar relacionado con patrones de movilidad, tamaño del área de

acción o uso temporal del hábitat. La ausencia de detecciones en la mayoría de las cámaras resalta la importancia de incrementar el esfuerzo de muestreo, ya sea mediante una mayor duración del monitoreo, una redistribución espacial de las cámaras o la incorporación de estaciones adicionales. Adicionalmente, se realizó un análisis exploratorio de los patrones de actividad diaria a partir de la hora de los registros obtenidos. Sin embargo, debido a que cada especie fue registrada únicamente una vez, no fue posible estimar densidades temporales robustas ni definir patrones claros de actividad.

En consecuencia, la información obtenida se considera preliminar y únicamente indicativa del período de actividad puntual en el que se produjeron las detecciones. En conjunto, los resultados evidencian que, aunque el sistema de trampas cámara presentó activaciones en todas las estaciones, la baja tasa de detección efectiva limita el alcance de los análisis cuantitativos avanzados. No obstante, los registros obtenidos confirman la presencia de especies de interés ecológico y constituyen una línea base relevante para el diseño de futuros esfuerzos de monitoreo de mastofauna en el área de estudio.

4.3.3. Especies importantes para la conservación

El conjunto de mamíferos registrados refleja distintos niveles de relevancia ecológica y de conservación, asociados tanto a su estado poblacional como a su función dentro de los ecosistemas altoandinos y de páramo. *Dicotyles tajacu*, aunque no es una especie endémica de Colombia, se encuentra bajo regulación internacional en el Apéndice II de CITES, debido a la presión ejercida por la cacería de subsistencia y el comercio local en varias regiones de su distribución. A nivel global, la UICN la clasifica como Preocupación Menor (LC), lo que indica que no enfrenta amenazas críticas en la actualidad; sin embargo, su rol ecológico como omnívoro y dispersor secundario de semillas la convierte en un componente importante para la dinámica de regeneración vegetal y el flujo de energía en ecosistemas montanos (Emmons & Feer, 1997; Reid, 2009).

Las especies *Sylvilagus fulvescens* y *Lycalopex culpaeus*, registradas mediante observaciones indirectas, también se encuentran categorizadas como Preocupación Menor (LC) a nivel global y no figuran en los apéndices de CITES. No obstante, ambas cumplen funciones ecológicas relevantes: el conejo actúa como consumidor primario, influyendo en la estructura de la vegetación y constituyendo una presa clave para carnívoros, mientras que el zorro desempeña el papel de mesodepredador, contribuyendo al control de poblaciones de pequeños vertebrados e invertebrados (Emmons & Feer, 1997). Su presencia conjunta es

indicativa de una red trófica funcional en el ecosistema evaluado (Cuervo et al., 1986; Emmons & Feer, 1997).

Entre las especies de mayor interés para la conservación se destaca *Tremarctos ornatus*, registrada mediante heces. Esta especie es considerada un símbolo de los ecosistemas andinos, encontrándose clasificada como En Peligro (EN) tanto a nivel nacional, según la Resolución 0126 de 2024 del MADS, como a nivel global por la UICN, y además incluida en el Apéndice I de CITES. Su alta sensibilidad a la fragmentación del hábitat, junto con sus amplios requerimientos espaciales, la convierten en una especie focal para la conservación. La presencia de esta especie sugiere condiciones de conectividad ecológica y baja perturbación antrópica en el área de estudio (Rangel-Churio, 2015; IUCN, 2023).

De igual manera, *Andinocervus rufinus* representa un caso de especial interés, al tratarse de una especie típica de bosques altoandinos y páramos, clasificada como Vulnerable (VU) tanto a nivel nacional como global, y listada en el Apéndice III de CITES. Su vulnerabilidad está asociada principalmente a la cacería y a la pérdida de hábitat. La detección de esta especie resalta el valor del área como refugio para mamíferos sensibles y como espacio clave para la conservación de herbívoros de alta montaña (Castaño et al., 2017; IUCN, 2023).

Finalmente, *Puma concolor*, identificado a partir de huellas, aunque se encuentra categorizado como Preocupación Menor (LC) a nivel global y no figura como amenazado en la normativa nacional, está incluido en el Apéndice II de CITES, debido a su valor comercial potencial y a conflictos asociados con actividades humanas. Como depredador tope, su presencia es particularmente relevante, ya que indica la existencia de una estructura trófica compleja y funcional, además de una conectividad suficiente del paisaje para sostener especies con amplios rangos de hogar (Castaño et al., 2017; Emmons & Feer, 1997).

En conjunto, los mamíferos registrados incluyen especies reguladas por CITES, especies amenazadas y especies con roles ecológicos clave, lo que evidencia la alta importancia del área de estudio para la conservación de la mastofauna altoandina y de páramo. Estos resultados constituyen un insumo fundamental para la priorización de acciones de manejo, monitoreo y conservación a escala local y regional.

Tabla 28. Especies de mamíferos prioritarias de conservación

Especie	UICN (Global)	MADS Resolución 0126 de 2024	CITES	Rol ecológico principal
Dicotyles tajacu	LC (Preocupación Menor)	No listada	Apéndice II	Omnívoro; dispersión secundaria de semillas; reciclaje de nutrientes; presa de grandes carnívoros
Sylvilagus fulvescens	LC (Preocupación Menor)	No listada	No aplica	Consumidor primario; influencia en la estructura de la vegetación; presa clave
Tremarctos ornatus	EN (En Peligro)	EN (En Peligro)	Apéndice I	Omnívoro generalista; dispersor de semillas a gran escala; especie sombrilla
Lycalopex culpaeus	LC (Preocupación Menor)	No listada	No aplica	Mesodepredador; control de poblaciones de pequeños vertebrados
Puma concolor	LC (Preocupación Menor)	No listada	Apéndice II	Depredador tope; regulación de poblaciones; mantenimiento de la estructura trófica
Andinoceros rufinus	VU (Vulnerable)	VU (Vulnerable)	Apéndice III	Herbívoro; dispersión de semillas; presa de grandes carnívoros

4.3.4. Análisis comparativo

La mastofauna registrada en el páramo de la subcuenca Pance refleja un ensamblaje típico de ecosistemas altoandinos, caracterizado por una baja riqueza específica, pero con presencia de especies de alto valor ecológico y funcional, patrón ampliamente documentado en páramos de la Cordillera Occidental y otros sistemas de alta montaña tropical (Cuervo et al., 1986; Castaño et al., 2017). La detección de herbívoros, omnívoros y depredadores tope indica la existencia de una estructura trófica funcional, aun cuando los registros sean puntuales y de baja frecuencia (Terborgh et al., 1999; Ripple et al., 2014; Wearn & Glover-Kapfer, 2017)..

La presencia de grandes mamíferos como *Puma concolor* y *Tremarctos ornatus* es consistente con estudios realizados en otros páramos occidentales, como Tatamá y Frontino–Urrao, donde estas especies utilizan los ecosistemas de alta montaña como áreas de tránsito, forrajeo o conexión entre bosques altoandinos (Arias-Alzate et al., 2010; Castaño et al., 2017). Este patrón refuerza la hipótesis de que el páramo del PNN Farallones de Cali cumple un papel clave como corredor ecológico, más que como hábitat permanente, para mamíferos de gran tamaño y amplios rangos de hogar.

El registro puntual de especies como *Sylvilagus fulvescens* y *Andinocervus rufinus* coincide con lo reportado para otros páramos andinos, donde estos taxones actúan como consumidores primarios clave y constituyen la base trófica para grandes carnívoros (Cuervo et al., 1986; Emmons & Feer, 1997). Asimismo, el hallazgo de *Dicotyles tajacu* a elevaciones superiores a las comúnmente reportadas en Colombia se alinea con observaciones regionales que reconocen una mayor plasticidad ecológica de la especie en zonas montanas, aunque su presencia en páramo debe considerarse ocasional o transitoria, como ha sido sugerido en estudios comparativos de mamíferos altoandinos (Reid, 2009; IUCN, 2023).

En comparación con páramos de las cordilleras Central y Oriental, donde se han documentado mayores esfuerzos de muestreo y una mayor riqueza relativa de mamíferos pequeños y medianos, la baja detección registrada en Pico Pance puede estar asociada a limitaciones metodológicas y temporales, más que a una baja diversidad real (Wearn & Rowcliffe, 2019). En este contexto, los resultados deben interpretarse como una línea base preliminar, que confirma la importancia del área para la conservación de especies clave y resalta la necesidad de ampliar el esfuerzo de monitoreo para evaluar con mayor precisión los patrones de ocupación y uso del hábitat.

4.3.5. Conclusiones y recomendaciones mastofauna

La caracterización de la comunidad de mamíferos del páramo de la subcuenca Pance en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali confirma la presencia de especies típicas de ecosistemas altoandinos y de páramo, incluyendo mamíferos medianos y grandes de alto valor ecológico. Los registros obtenidos mediante cámaras trampa y evidencias indirectas evidencian que el área mantiene condiciones funcionales adecuadas para el uso del hábitat por parte de la fauna silvestre.

La detección de especies pertenecientes a diferentes niveles tróficos, incluyendo herbívoros y carnívoros, sugiere una estructura trófica relativamente conservada, lo que resalta la importancia del páramo y su zona de transición como áreas clave para la conectividad ecológica y el mantenimiento de procesos ecosistémicos. La presencia de especies prioritarias para la conservación refuerza el valor del Parque Nacional Natural Farallones de Cali como refugio para la mastofauna de alta montaña en la cordillera Occidental.

Los resultados obtenidos constituyen una línea base relevante para el conocimiento de la mastofauna del área de estudio; sin embargo, el esfuerzo de muestreo estuvo limitado temporal y espacialmente, por lo que es probable que la riqueza de especies registrada represente una fracción de la diversidad potencial del área. La baja

frecuencia de detección de algunas especies puede estar asociada tanto a sus hábitos crípticos como a la duración del periodo de muestreo.

Se recomienda fortalecer el monitoreo de mamíferos mediante la ampliación del número de cámaras trampa y del periodo de muestreo, con el fin de mejorar la probabilidad de detección y obtener información más robusta sobre patrones de uso del hábitat y actividad. Asimismo, se sugiere integrar metodologías complementarias, como muestreos genéticos no invasivos y recorridos sistemáticos de rastreo, que permitan una caracterización más completa de la comunidad de mamíferos.

4.4. EVALUACIÓN DE CALIDAD DE AGUA

El monitoreo de la calidad del recurso hídrico permite establecer el estado de los ecosistemas acuáticos y el grado de alteración por actividades humana (Cantera *et. al*. 2009). Es así que la caracterización de la calidad del agua en lagunas, quebradas y ríos de sistemas de importancia ecológica como los ecosistemas de Páramo en zonas prioritarias y bajo figuras de conservación como el Parque Nacional Natural Farallones de Cali, permite evidenciar la eficacia de las medidas de manejo y el estado ecológico de los sistemas acuáticos para de esta manera no solo mejorar el conocimiento de estos ecosistemas sino para fortalecer las herramientas de gestión.

Como parte del trabajo de caracterización en PNN Farallones de Cali, se realizó el monitoreo de la calidad del recurso hídrico en una quebrada (quebrada El Pato) y una laguna ubicada en Pico Pance a 3900 msnm dentro del PNN Los Farallones de Cali de acuerdo a los protocolos establecidos en los métodos estándar para el análisis de agua (APHA) y siguiendo las orientaciones suministradas por el laboratorio DBO Ingeniería LTDA para la toma y almacenamiento. De igual forma durante este proceso se caracterizaron los puntos de monitoreo considerando sus características de hábitat, así como para el registro de parámetros in situ.

4.4.1. Toma de muestras y medición de parámetros fisicoquímicos

Se establecieron dos puntos de monitoreo para el análisis de la calidad del recurso hídrico en un sistema lótico (quebrada El Pato) y un sistema léntico (Laguna).



Figura 34. Laguna y quebrada El pato monitoreadas en Pico Pance
Fuente: equipo de trabajo Proagua 2025

En cada punto de monitoreo se midieron in situ el pH, Temperatura, Conductividad, Sólidos totales disueltos y Oxígeno disuelto usando una sonda HANNA modelo H198194.



Figura 35. Proceso de medición de los parámetros fisicoquímicos utilizando la sonda multiparamétrica HANNA H198194
Fuente: equipo de trabajo Proagua 2025

Adicionalmente, se tomaron muestras de agua de acuerdo con el protocolo de Métodos Estándar para el Análisis de aguas (APHA), utilizando los recipientes entregados por el laboratorio DBO Ingeniería LTDA. De igual forma se aplicaron los preservantes indicados por el mismo laboratorio para el análisis de metales (HNO3) y nutrientes (H2SO4). Esto con el fin de realizar las mediciones de arsénico y mercurio, así como de nitrógeno y coliformes totales y fecales. Al finalizar la toma de las muestras, estas fueron refrigeradas y llevadas inmediatamente a las instalaciones del laboratorio DBO Ingeniería LTDA para la medición y análisis de estos parámetros.

Igualmente, para cada punto de monitoreo se registraron aspectos como tipo de sustrato, altitud, cobertura vegetal, materia vegetal aparente y profundidad en el punto de toma de muestra, entre otros aspectos, con el fin de enriquecer el análisis de calidad de agua (Figura 36).



Figura 36. Fotografías del proceso de toma de muestras de agua
Fuente: equipo de trabajo Proagua 2025

4.4.2. Aspectos generales

La caracterización general de los puntos de monitoreo tanto en el sistema lótico como en el sistema léntico se presenta en laTabla 29. Se resalta que ambos sistemas se encuentran con poca vegetación de borde la cual es herbácea y dispersa, la luz es directa y no se evidencia ningún tipo de cobertura. En ambos sistemas se presenta un sustrato en capa superficial de apariencia limosa seguido de una superficie rocosa, no se evidencian signos de modificación sobre el borde o sobre el cauce. En el caso del sistema lótico (Quebrada El Pato) el cauce se caracteriza por no presentar zonas de rápidos y en su mayoría corresponde a remansos o flujo lento.

Tabla 29. Información general puntos de muestreo para la evaluación de calidad de agua en dos fuentes hídricas de Pico Pance en el PNN Los Farallones de Cali

Fuente Hídrica	Coordenadas en grados decimales	Altitud msnm	Profundidad punto de muestreo	Tipo de sustrato	Vegetación de ribera	Materia vegetal
Quebrada El Pato punto 1	3.330394-76.693266	3887	10 cm	Rocoso-limoso	Herbácea-dispersa	Ninguna aparente
Quebrada El pato punto 2	3.330061-76.692636	3800	12 cm	Rocoso	Herbácea-dispersa	Ninguna aparente
Laguna punto 1	3.340572-76.695772	3977	35 cm	Limoso	Herbácea-dispersa	Ninguna aparente
Laguna punto 2	3.340572-76.695772	3977	34.2 cm	Limoso	Herbácea-dispersa	Ninguna aparente

Es importante mencionar que en el caso de la laguna se observaron algunas algas y macroinvertebrados en el borde. Adicionalmente en el área se encontraron huellas que parecían ser de venado, posible *Mazama rufina*, de zorro posible *Lycalopex culpaeus* así como excretas de oso *Tremarctos ornatus*. Lo anterior, podría indicar que otros mamíferos y fauna en general usan la laguna no solo como fuente de agua sino también como lugar de paso. Igualmente se observaron turistas de dos grupos diferentes, accediendo a la zona en diferentes momentos de la campaña de muestreo.

4.4.3. Parámetros fisicoquímicos in situ.

Considerando las mediciones realizadas con la sonda multiparamétrica, en la *Tabla 30*, se presentan los resultados obtenidos in situ.

Tabla 30. Parámetros fisicoquímicos medidos in situ para los sistemas hídricos monitoreados en Pico Pance

Punto de muestreo	pH	OD mg/L	T °C	Conductividad µS/cm	STD ppm
Quebrada punto 1	4.34	8.3	9.61	17	9
Quebrada punto 2	4.33	8.0	12.75	15	7
Laguna punto 1	5.33	7.9	14.76	29	14
Laguna punto 2	4.72	7.6	13.46	16	8

La temperatura es uno de los parámetros más importantes pues tiene gran efecto sobre las reacciones químicas que ocurren en los sistemas de aguas naturales y sobre la solubilidad de los gases en el agua (como es el caso del oxígeno), lo cual determina cambios en su

concentración (Roldán-Pérez & Ramírez 2008). Teniendo en cuenta los resultados, la quebrada el Pato mostró las temperaturas y el pH más bajos, así como menor cantidad de solidos totales disueltos.

El pH es un indicador del número de iones de hidrógeno, el cual define el carácter ácido, básico (alcalinidad) o neutro de una solución. Es una variable importante en la calidad del agua, ya que tiene influencia en la bioquímica de los procesos que ocurren en los cuerpos de agua. Usualmente, las aguas naturales tienen un pH entre 6.0 y 8.5 unidades que depende de la geomorfología y la escorrentía en los suelos y de la dinámica química. En el caso del páramo los valores de pH (4.33 – 5.33) son congruentes con aguas encontradas en ecosistemas de páramo debido a suelos ricos en nutrientes y descarga de compuestos orgánicos por la descomposición de materia vegetal (Roldán-Pérez & Ramírez 2008).

En relación al oxígeno disuelto OD, se sabe que es uno de los indicadores más empleados en la calidad del agua, ya que determina la habilidad del medio acuático para sostener la vida(Roldán-Pérez & Ramírez 2008). En el muestreo realizado, a pesar de la baja presión atmosférica, se encontró que ambas fuentes hídricas presentan una alta oxigenación, lo cual también se relaciona con la temperatura del agua y la baja carga orgánica que presentaron tanto la laguna como la quebrada.

La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad que tiene una solución de transmitir corriente eléctrica, está directamente relacionada con la temperatura(Roldán-Pérez & Ramírez 2008). Indica el contenido de sales disueltas o de minerales en el agua, en este caso los valores de conductividad encontrados para ambas fuentes hídricas son bajos, pudiendo indicar la buena calidad del agua en cuanto los minerales que acumula o transporta son bajos. Los valores se encuentran muy por debajo de los límites máximos permitidos para agua de consumo, lo que muestra una relación directamente proporcional con los bajos valores de sólidos totales disueltos encontrados. Adicionalmente, estos valores de conductividad se encuentran por debajo de 30 µS/cm lo que suele indicar oligotrofia correspondiente con aguas de baja producción (Roldán-Pérez & Ramírez 2008).

4.4.4. Análisis de laboratorio

4.4.4.1. Coliformes fecales y totales

Los coliformes totales son un grupo de bacterias pertenecientes a la familia de las Entero-bacterias (AWWA, 2002; González, 2012; Madigan, *et. al.* 2015;). Los coliformes fecales (E-coli) son un subconjunto del grupo de coliformes totales. Estos son mejores indicadores de la presencia de contaminación fecal reciente, pero no distinguen entre contaminación humana y animal (AWWA, 2002). Para coliformes fecales y totales se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 31.

Tabla 31. Resultados de coliformes totales y fecales para la laguna y la quebrada El Pato monitoreadas en Pico Pance

Parámetro	Laguna punto 1	Laguna punto 2	Quebrada punto 1	Quebrada punto2
Coliformes fecales (NMP/100ml)	920	<1.8	49	4.5
Coliformes totales (NMP/100ml)	7000	<1.8	79	300

La normatividad Colombiana establece límites máximos permisibles para diferentes usos del agua en el Decreto 1076 de 2015 que fue modificado parcialmente por el Decreto 703 de 2018, que en su artículo 18 corrige el artículo 2.2.3.3.9.10. de la sección 9, capítulo 3, título 3, parte 2, libro 2 del Deceto 1076 de 2015.

Teniendo en cuenta los parámetros microbiológicos evaluados, tres de los puntos de monitoreo (Laguna punto 2, Quebrada punto 1 y Quebrada punto 2) se encuentran con valores por debajo de los límites permitidos lo cual es indicador de buena calidad y baja contaminación microbiológica.

Sin embargo, en el punto 1 de la Laguna se encontraron niveles altos, pero no superan los límites permitidos de acuerdo a la normatividad colombiana establecida en el artículo 2.2.3.3.9.3 del Decreto 1076 de 2015 para agua destinada al consumo humano, donde establece un límite de coliformes fecales de 20.000 y totales de 2.000 NMP/100ml. En el caso de agua destinada a riego de frutas se establece un límite máximo de coliformes totales de 5.000 NMP/100ml y fecales de 1.000 (artículo 2.2.3.3.9.5. Decreto 1076 de 2015). Con relación al agua para fines recreativos con contacto primario el artículo 2.2.3.3.9.7. del Decreto 1076 de 2015, establece un límite de coliformes fecales de 200 NMP/100ml y totales de 1.000 NMP/100ml. Con relación a la preservación de flora y fauna (Decreto 1076 de 2015 - artículo 2.2.3.3.9.10), no se establece un valor para coliformes, pero se determina que no deben presentarse sustancias que impartan olor o sabor a los tejidos de los organismos acuáticos, ni turbiedad o color que interfieran con la actividad fotosintética.

En el punto “Laguna punto 1” el resultado obtenido implica contaminación por materia fecal. Debido a que en el momento del monitoreo no se encontró evidencia de actividad humana cerca al punto de muestreo, y considerando las evidencias encontradas de presencia de mamíferos en la zona, es posible que este resultado responda más a contaminación proveniente de estos organismos.

4.4.4.2. Metales, Nitrógeno, Fosforo y Potasio

Los resultados obtenidos fueron certificados de análisis de laboratorio DBO Ingeniería LTDA, que se anexa a este informe con los cuales se realizó el análisis de metales, así como nutrientes en los puntos monitoreados de la laguna y de la quebrada se presentan en la Tabla 32.

Tabla 32. Valores obtenidos para la medición de nutrientes, arsénico, cianuro y mercurio en las fuentes hídricas de Pico Pance

Parámetro	Laguna punto 1	Laguna punto 2	Quebrada punto 1	Quebrada punto2
Arsénico (mg As/L)	< 0,008	< 0,008	< 0,008	< 0,008
Cianuro total (mg CN-/L)	0,30	0,25	< 0,10	< 0,10
Mercurio (mg Hg/L)	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010	< 0,0010
Fósforo total (mg P/L)	< 2,10	< 2,10	< 2,10	< 2,10
Nitrógeno Kjeldahl (mg N/L)	8,72	< 3,00	< 3,00	< 3,00
Potasio (mg K/L)	< 0,25	0,25	< 0,25	< 0,25

Los valores encontrados para todos los parámetros medidos, con la excepción de nitrógeno, se encuentran por debajo de los límites aceptados de acuerdo con la normatividad colombiana en lo que respecta al agua para consumo humano (Ley 2811 de 1974; Decreto 475 de 1998; Resolución 2115 del 2007; Decreto 1076 de 2015; Resolución 631 de 2015).

Sin embargo, en el caso del nitrógeno Kjeldahl, el valor encontrado es elevado, esto puede implicar un mayor ingreso de materia orgánica o materia en descomposición cerca al punto 1. Esto coincide de igual forma con lo encontrado en relación con los coliformes fecales y totales en el mismo punto. Adicionalmente, los valores encontrados para los nutrientes (fósforo, potasio y nitrógeno) son proporcionales a lo observado en la caracterización general de las aguas que no evidenciaron presencia de materia orgánica aparente dentro de los cuerpos de agua, así como una vegetación de borde dispersa. Adicionalmente, sus valores no se encuentran elevados ni reflejan contaminación, lo cual también se relaciona con la conductividad baja encontrada en las muestras.

Por otra parte, los valores bajos para el arsénico, mercurio y cianuro indican que las fuentes hídricas no han sido influenciadas por contaminación minera.

4.4.4.3. Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos para los parámetros fisicoquímicos monitoreados en los cuerpos de agua de Pico Pance en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali evidencian condiciones asociadas a excelente calidad de agua correspondientes con un ecosistema altoandino bien conservado. Aunque el marco normativo que sustenta los análisis es

principalmente enfocado a la gestión del recurso hídrico para diferentes usos humanos (consumo, riego, agricultura, recreativo), permite contextualizar el estado del recurso en esta área de Paramo del parque.

Los valores obtenidos para los parámetros fisicoquímicos evaluados muestran evidencia de que tanto la quebrada El Pato como la Laguna en Pico Pance corresponden con agua oligotróficas, con conductividad baja, buena oxigenación y pH acido propio de un ecosistema de Páramo. Además, el comportamiento de los nutrientes en general y de parámetros como el arsénico, cianuro y mercurio no muestran alteraciones significativas por actividades humanas y corresponden con un buen estado del ecosistema.

La presencia de coliformes fecales y totales en un punto de monitoreo de la laguna parece corresponder más con la presencia de mamíferos en el área, diferente a contaminación humana, debido especialmente a que no se encontraron evidencias de alteraciones antrópicas y que al segundo punto monitoreado en este sistema léntico mostró valores muy por debajo de lo permitido.

Lo anterior junto con los valores del nitrógeno Kjeldahl parece responder más a contaminación por heces de organismos de sangre caliente y a descomposición de materia orgánica que pueden haber llegado al punto de monitoreo por un proceso previo asociado a escorrentía.

Sin embargo, debido a que durante la campaña de muestreo se evidenció la presencia de dos grupos diferentes de visitantes en el área, se recomienda mantener esta zona sin intervención humana para de esta manera mantener las condiciones encontradas.

Finalmente, a pesar de que la calidad asociada al recurso hídrico corresponde con una buena calidad, se recomienda que se realicen nuevos monitoreos en un tiempo corto, se propone establecer dos monitoreos al año uno cada semestre, para revisar el comportamiento de los parámetros microbiológicos y el del nitrógeno Kjeldahl e incrementar los puntos de monitoreo a al menos tres por cuerpo de agua.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍCAS

Abad, E. V., & Alberico, M. (s. f.). *Notas sobre algunos mamíferos nuevos de la fauna vallecaucana* [Manuscrito técnico].

American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Pollution Control Federation. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23rd ed.). APHA Press.

Arias-Alzate, A., Downer, C. C., Delgado-V., C. A., & Sánchez-Londoño, J. D. (2010). Un registro del tapir de montaña (*Tapirus pinchaque*) en el norte de la Cordillera Occidental de Colombia. *Mastozoología Neotropical, 17*(1), 111–116.

Arias Martínez, L. L., González, J. C., & Zuluaga Tróchez, A. (2024). Descripción taxonómica y funcional de un ensamblaje de epífitas vasculares en la Cordillera Occidental Colombiana. *Caldasia, 46*(2), 433–445. https://doi.org/10.15446/caldasia.v46n2.106005

Bader, M., Van Geloof, I., & Rietkerk, M. (2007). High solar radiation hinders tree regeneration above the alpine treeline in northern Ecuador. *Plant Ecology, 191*, 33–45.

Bibby, C. J., Burgess, N. D., Hill, D. A., & Mustoe, S. H. (2000). *Bird census techniques* (2nd ed.). Academic Press.

Blumstein, D. T., et al. (2011). Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays. *Journal of Applied Ecology, 48*(3), 758–767. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01993.x

Calderón-Caro, J., & Benavides, A. M. (2022). Deforestación y fragmentación en áreas biodiversas de la Cordillera Occidental de Antioquia. *Biota Colombiana, 23*(1).

Cantera, J. R., Carvajal, Y., & Castro, L. M. (2009). *Caudal ambiental: conceptos, experiencias y desafíos*. Editorial Universidad del Valle.

Castaño, J. H., et al. (2017). Mamíferos del departamento de Risaralda, Colombia. *Biota Colombiana, 18*(2), 239–254.

Castro, C. L. (2020). *Informe de caracterización florística preliminar al Parque Nacional Natural Farallones de Cali*. Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Cañas, D. (2000). Variación de la diversidad florística en un mosaico sucesional. *Darwiniana, 38*(1–2).

Chaparro-Herrera, S., et al. (2019). Avifauna en dos complejos de páramo de Antioquia. *Biota Colombiana, 20*(1), 91–105. https://doi.org/10.21068/c2019.v20n01a06

Catchpole, C. K., & Slater, P. J. B. (2008). *Bird song: Biological themes and variations* (2nd ed.). Cambridge University Press.

Cleef, A. M. (1981). *The vegetation of the páramos of the Colombian Cordillera Oriental*. University of Amsterdam.

Conroy, M. J. (1996). Abundance indices. En D. E. Wilson et al. (Eds.), *Measuring and monitoring biological diversity* (pp. 179–192). Smithsonian Institution Press.

Crooks, K. R. (2002). Relative sensitivities of mammalian carnivores to habitat fragmentation. *Conservation Biology, 16*(2), 488–502.

Crooks, K. R., et al. (2011). Global patterns of fragmentation and connectivity. *PNAS, 108*(10), 3946–3951.

Cuartas-Calle, C., & Muñoz-Arango, J. (2003). Mamíferos del departamento de Antioquia. *Biota Colombiana*, 4(2), 131–143.

Dirección Territorial Pacífico – Parques Nacionales Naturales de Colombia. (s. f.). *Inventario florístico preliminar de 10 socavones en el PNN Farallones de Cali* [Documento interno].

Drake, A., et al. (2021). Combining point counts and autonomous recording units. *Avian Conservation and Ecology*.

Emmons, L. H. (1984). Geographic variation in densities of mammals. *Biotropica, 16*, 210–222.

Emmons, L. H., & Feer, F. (1997). *Neotropical rainforest mammals* (2nd ed.). University of Chicago Press.

Estes, J. A., et al. (2011). Trophic downgrading of planet Earth. *Science, 333*(6040), 301–306. https://doi.org/10.1126/science.1205106

Gentry, A. H. (1993). *A field guide to the families and genera of woody plants of Northwest South America*. Conservation International.

Goldstein, I., Guerrero, M., & Moreno, R. (2008). Activity patterns of Andean carnivores in high-elevation ecosystems. *Journal of Mammalogy*, 89(4), 940–947.

Hill, A. P., et al. (2017). AudioMoth: Evaluation of a smart acoustic device. *Methods in Ecology and Evolution, 9*(5), 1199–1211.

Hill, A. P., et al. (2019). AudioMoth: A low-cost acoustic device. *HardwareX, 6*, e00073.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2017). *Biodiversidad y servicios ecosistémicos de los páramos de Colombia*. Bogotá, D. C.

IUCN. (2023). *Pecari tajacu*. The IUCN Red List of Threatened Species.

Krabbe, N. (2009). Range extension of *Henicorhina negreti*. *Ornitología Colombiana, 8*, 76–77.

Krabbe, N., et al. (2006). Birds of Páramo de Frontino. *Ornitología Colombiana, 4*, 39–50.

Lozano, F. H. (Ed.). (2009). *Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad*. Instituto Humboldt & CAR.

Marín, D. C., et al. (2014). *Propuesta metodológica para estudios bióticos en páramos*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (1974). *Decreto-Ley 2811 de 1974*.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Decreto 1076 de 2015*.

Morales, M., et al. (2007). *Atlas de páramos de Colombia*. Instituto Alexander von Humboldt.

Müller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons.

Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2013). *Plan de manejo del Parque Nacional Natural Farallones de Cali*.

Pérez-Gómez, K., Fernández-Rodríguez, R. C., & Moreno-Niño, N. (2025). *Guía ilustrada de los mamíferos de Colombia* (1.ª ed.). McMullan Birding & Publishers.

Peñuela-Gómez, D. P., Sánchez-Giraldo, C., & Solari, S. (2016). Mamíferos del Parque Nacional Natural Las Orquídeas, Antioquia, Colombia. *Biota Colombiana*, 17(2), 38–60. https://doi.org/10.21068/c2016.v17n02a03

Pinto-Zárate, J., & Rangel-Churio, J. O. (2009). Vegetación de los páramos de la cordillera Occidental de Colombia. *Caldasia*, 31(2), 235–260.

Pisso-Flórez, G. A., Sarria, R. A., & Ramírez-Chavés, H. E. (2025). Primer registro de *Dicotyles tajacu* en el PNN Puracé. *Mammalogy Notes, 11*(2), 527. https://doi.org/10.47603/mano.v11n2.527

Ramírez-Chaves, H. E., & Pérez, W. (2010). Mamíferos del departamento del Cauca. *Biota Colombiana, 11*(1–2), 141–171.

Rangel-Churio, J. O. (2015). *La biodiversidad de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.

Rangel-Churio, J. O., & Velázquez, A. (1997). Métodos de estudio de la vegetación. En *Diversidad biótica II* (pp. 59–87). Universidad Nacional de Colombia.

Reid, F. A. (2009). *A field guide to the mammals of Central America and Southeast Mexico* (2nd ed.). Oxford University Press.

Renton, K., & Salinas-Melgoza, A. (2004). *Climatic variability, nest predation, and reproductive output of lilac-crowned parrots (Amazona finschi) in tropical dry forest of western Mexico*. The Auk, 121(4), 1214–1225

Ripple, W. J., et al. (2014). Ecological effects of the world's largest carnivores. *Science, 343*(6167), 1241484.

Roldán, G., Pérez, J., & Ramírez, A. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (2a ed.). Universidad de Antioquia.

Rodríguez, J. P., Balch, J. K., & Rodríguez-Clark, K. M. (2007). Assessing extinction risk in the absence of species-level data. *Conservation Biology*, 21(3), 684–691.

Ripple, W. J., Estes, J. A., Beschta, R. L., et al. (2014). Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science*, 343(6167), 1241484. https://doi.org/10.1126/science.1241484

Sarmiento, C., et al. (2013). *Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia*. Instituto Humboldt.

Solari, S., Muñoz-Saba, Y., Rodríguez-Mahecha, J. V., Defler, T. R., Ramírez-Chaves, H. E., & Trujillo, F. (2013). Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 20(2), 301–365.

Sueur, J., Aubin, T., & Simonis, C. (2008). Seewave: Tool for sound analysis. *Bioacoustics, 18*(2), 213–226.

Sunquist, M., & Sunquist, F. (2002). *Wild cats of the world*. University of Chicago Press.

Terborgh, J., et al. (1999). Role of top carnivores. *Wildlife Society Bulletin, 27*(4), 845–857.

Towsey, M., et al. (2014). Visualization of long-duration acoustic recordings. *Procedia Computer Science, 29*, 703–712. https://doi.org/10.1016/j.procs.2014.05.063

Tovar García, J. D. (2021). *Conjunto de datos de monitoreo acústico pasivo*. Reserva Natural Los Yátaros.

Urrutia, N. S. (2017). *Monitoreo de la flora del páramo del Duende* (v1.2). https://doi.org/10.15472/ornrkk

Villarreal, H., et al. (2006). *Manual de métodos para inventarios de biodiversidad*. Instituto Humboldt.

Wearn, O. R., & Rowcliffe, J. M. (2019). Camera traps as sampling tools. *Royal Society Open Science, 6*(3), 181748.

Wells, K. D. (2007). *The ecology and behavior of amphibians*. University of Chicago Press.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de laboratorio

DBO INGENIERIA LTDA
EMPRESA DE PROTECCION AMBIENTAL
NIT:800.083.757-4

OS-L-948/2025
Versión No 1

IDEAM
INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

Laboratorio fisicoquímico acreditado por el IDEAM Mediante la Resolución 1471 de 30 de octubre de 2023, bajo la norma NTC-ISO 17025: 2017

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

FECHA REPORTE LABORATORIO:	30 DE DICIEMBRE DE 2025
FECHA DEL INFORME:	30 DE DICIEMBRE DE 2025
CLIENTE:	FUNDACION PROFESIONAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA - PROAGUA
ANÁLISIS SOLICITADO POR:	Ing. Jhon Jairo Daza
DIRECCIÓN/TELÉFONO:	Carrera 69 13B – 100 CA27 La Hacienda Mz1- /3145458687 Cali
NUMERO DE MUESTRAS:	4
MUESTRA TOMADA POR:	FUNDACION PROAGUA (Responsable de toma, identificación, preservación, almacenamiento ytransporte de la muestra)
(*) IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	**LAGUNA PUNTO 1**
(*) PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	**MUNICIPO DE CALI, FARALLONES DE CALI - PARAMO**
CÓDIGO INTERNO DE LA MUESTRA:	2144
FECHA RECOLECCIÓN:	No informado
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	09 DE DICIEMBRE DE 2025
(*) TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL
TIPO DE MUESTREO:	NO INFORMADO

RESULTADOS

Parámetros		Resultados	Unidades	Fecha Análisis	Método - referencia
Arsénico	A	**< 0,008**	mg As/L	2025-12-30	Standard Methods Ed 24 / 3114C Espectrometría de Absorción Atómica – Generación de hidruros continua
Cianuro Total	A	**0,30**	mg CN-/L	2025-12-10	Standard Methods Ed 24 / 4500-CN- B, C, D. Destilación – Volumétrico
Fósforo Total	A	**< 2,10**	mg P/L	2025-12-12	Standard Methods Ed 24 / 4500 P. B, C. Digestión Persulfato de amonio – Colorimétrico con ácido vanadomolibdofosforico
Mercurio	A	**< 0,0010**	mg Hg/L	2025-12-22	Standard Methods Ed 24 / 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frio
Nitrógeno Kjeldahl	A	**8,72**	mg N/L	2025-12-17	Standard Methods Ed 24 / 4500 NH3 B, C Semi – micro Kjeldahl - Destilación, Volumétrico; SM 4500 N-org C
Sólidos Disueltos Totales	A	**3.114**	mg/L	2025-12-12	Norma Mexicana NMX-AA-034-SCFI-2015. Análisis de Agua - Medición de Sólidos y Sales Disueltas en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas.
Potasio	A	**< 0,25**	mg K/L	2025-12-30	Standard Methods Ed 24 / 3030 F, 3500 K– B. Digestión con ácido nitrico / ácido clorhidrico - Emisión atómica

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros		Resultados	Unidades	Fecha Análisis	Método - referencia
Coliformes Totales	SUB	**7000**	NMP/100 mL	2025-12-09	---------
Coliformes Termotolerantes (fecales)	SUB	**920**	NMP/100ml	2025-12-09	---------

NOTA: ESTOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS. A: ACREDITADO - SUB: SUBCONTRATADO - NAC: NO ACREDITADO
Los resultados se aplican a la muestra tal cómo se recibió. (*) Información suministrada por el cliente.

Revisó

MARYIT CASTAÑO CAICEDO
RESPONSABLE DE CALIDAD
Tarjeta Profesional TQ-02096

Aprobó

Jairo A. Palechor G.

JAIRO ALEJANDRO PALECHOR GALVEZ
JEFE DE LABORATORIO
Tarjeta Profesional PQ-07723

Pagina 1/4

LABORATORIO ACREDITADO POR EL IDEAM DE ACUERDO A LA NORMA NTC-ISO/IEC17025
Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización de DBO INGENIERIA LTDA.
CALLE 10 # 29B-51 BODEGA 9 EL PORTAL DE DAPA TEL: 3165214174 Arroyohondo - Yumbo

DBO INGENIERIA LTDA
EMPRESA DE PROTECCION AMBIENTAL
NIT:800.083.757-4

OS-L-948/2025
Versión No 1

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

FECHA REPORTE LABORATORIO:	30 DE DICIEMBRE DE 2025
FECHA DEL INFORME:	30 DE DICIEMBRE DE 2025
CLIENTE:	FUNDACION PROFESIONAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA - PROAGUA
ANÁLISIS SOLICITADO POR:	Ing. Jhon Jairo Daza
DIRECCIÓN/TELÉFONO:	Carrera 69 13B – 100 CA27 La Hacienda Mz1- /3145458687 Cali
NUMERO DE MUESTRAS:	4
MUESTRA TOMADA POR:	FUNDACION PROAGUA (Responsable de toma, identificación, preservación, almacenamiento ytransporte de la muestra)
(*) IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	**LAGUNA PUNTO 2**
(*) PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	**MUNICIPO DE CALI, FARALLONES DE CALI - PARAMO**
CÓDIGO INTERNO DE LA MUESTRA:	2145
FECHA RECOLECCIÓN:	No informado
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	09 DE DICIEMBRE DE 2025
(*) TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL
TIPO DE MUESTREO:	NO INFORMADO

RESULTADOS

Parámetros		Resultados	Unidades	Fecha Análisis	Método - referencia
Arsénico	A	< 0,008	mg As/L	2025-12-30	Standard Methods Ed 24 / 3114C Espectrometría de Absorción Atómica – Generación de hidruros continua
Cianuro Total	A	0,25	mg CN-/L	2025-12-10	Standard Methods Ed 24 / 4500-CN- B, C, D. Destilación – Volumétrico
Fósforo Total	A	< 2,10	mg P/L	2025-12-12	Standard Methods Ed 24 / 4500 P B, C. Digestión Persulfato de amonio – Colorimétrico con ácido vanadomolibdofosforico
Mercurio	A	< 0,0010	mg Hg/L	2025-12-22	Standard Methods Ed 24 / 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frio
Nitrógeno Kjeldahl	A	< 3,00	mg N/L	2025-12-17	Standard Methods Ed 24 / 4500 NH3 B, C Semi – micro Kjeldahl - Destilación, Volumétrico; SM 4500 N-org C
Sólidos Disueltos Totales	A	2.762	mg/L	2025-12-12	Norma Mexicana NMX-AA-034-SCFI-2015. Análisis de Agua - Medición de Sólidos y Sales Disueltas en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas.
Potasio	A	0,25	mg K/L	2025-12-30	Standard Methods Ed 24 / 3030 F, 3500 K– B. Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico - Emisión atómica

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros		Resultados	Unidades	Fecha Análisis	Método - referencia
Coliformes Termotolerantes (fecales)	SUB	< 1,8	NMP/100 mL	2025-12-09	--------
Coliformes Totales	SUB	< 1,8	NMP/100 mL	2025-12-09	--------

NOTA: ESTOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS. A: ACREDITADO - SUB: SUBCONTRATADO - NAC: NO ACREDITADO
Los resultados se aplican a la muestra tal cómo se recibió. (*) Información suministrada por el cliente.

Revisó

MARYIT CASTAÑO CAICEDO
RESPONSABLE DE CALIDAD
Tarjeta Profesional TQ-02096

Aprobó

JAIRO ALEJANDRO PALECHOR GALVEZ
JEFE DE LABORATORIO
Tarjeta Profesional PQ-07723

Pagina 2/4
LABORATORIO ACREDITADO POR EL IDEAM DE ACUERDO A LA NORMA NTC-ISO/IEC17025
Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización de DBO INGENIERIA LTDA.
CALLE 10 # 29B-51 BODEGA 9 EL PORTAL DE DAPA TEL: 3165214174 Arroyohondo - Yumbo

DBO INGENIERIA LTDA
EMPRESA DE PROTECCION AMBIENTAL
NIT:800.083.757-4

OS-L-948/2025
Versión No 1

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

FECHA REPORTE LABORATORIO:	30 DE DICIEMBRE DE 2025
FECHA DEL INFORME:	30 DE DICIEMBRE DE 2025
CLIENTE:	FUNDACION PROFESIONAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA - PROAGUA
ANÁLISIS SOLICITADO POR:	Ing. Jhon Jairo Daza
DIRECCIÓN/TELÉFONO:	Carrera 69 13B – 100 CA27 La Hacienda Mz1- /3145458687 Cali
NUMERO DE MUESTRAS:	4
MUESTRA TOMADA POR:	FUNDACION PROAGUA (Responsable de toma, identificación, preservación, almacenamiento ytransporte de la muestra)
(*) IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	**QUEBRADA PUNTO 1**
(*) PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	**MUNICIPO DE CALI, FARALLONES DE CALI - PARAMO**
CÓDIGO INTERNO DE LA MUESTRA:	2146
FECHA RECOLECCIÓN:	No informado
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	09 DE DICIEMBRE DE 2025
(*) TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL
TIPO DE MUESTREO:	NO INFORMADO

RESULTADOS

Parámetros		Resultados	Unidades	Fecha Análisis	Método - referencia
Arsénico	A	< 0,008	mg As/L	2025-12-30	Standard Methods Ed 24 / 3114C Espectrometría de Absorción Atómica – Generación de hidruros continua
Cianuro Total	A	< 0,10	mg CN-/L	2025-12-10	Standard Methods Ed 24 / 4500-CN- B, C, D. Destilación – Volumétrico
Fósforo Total	A	< 2,10	mg P/L	2025-12-12	Standard Methods Ed 24 / 4500 P B, C. Digestión Persulfato de amonio – Colorimétrico con ácido vanadomolibdofosforico
Mercurio	A	< 0,0010	mg Hg/L	2025-12-22	Standard Methods Ed 24 / 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frio
Nitrógeno Kjeldahl	A	< 3,00	mg N/L	2025-12-17	Standard Methods Ed 24 / 4500 NH3 B, C Semi – micro Kjeldahl - Destilación, Volumétrico; SM 4500 N-org C
Sólidos Disueltos Totales	A	2.520	mg/L	2025-12-12	Norma Mexicana NMX-AA-034-SCFI-2015. Análisis de Agua - Medición de Sólidos y Sales Disueltas en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas.
Potasio	A	< 0,25	mg K/L	2025-12-30	Standard Methods Ed 24 / 3030 F, 3500 K– B. Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico - Emisión atómica

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros		Resultados	Unidades	Fecha Análisis	Método - referencia
Coliformes Termotolerantes (fecales)	SUB	49	NMP/100 mL	2025-12-09	-------
Coliformes Totales	SUB	79	NMP/100 mL	2025-12-09	-------

NOTA: ESTOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS. A: ACREDITADO - SUB: SUBCONTRATADO - NAC: NO ACREDITADO
Los resultados se aplican a la muestra tal cómo se recibió. (*) Información suministrada por el cliente.

Revisó

MARYIT CASTAÑO CAICEDO
RESPONSABLE DE CALIDAD
Tarjeta Profesional TQ-02096

Aprobó

Jairo A. Palechor G.

JAIRO ALEJANDRO PALECHOR GALVEZ
JEFE DE LABORATORIO
Tarjeta Profesional PQ-07723

LABORATORIO ACREDITADO POR EL IDEAM DE ACUERDO A LA NORMA NTC-ISO/IEC17025
Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización de DBO INGENIERIA LTDA.
CALLE 10 # 29B-51 BODEGA 9 EL PORTAL DE DAPA TEL: 3165214174 Arroyohondo - Yumbo

DBO INGENIERIA LTDA
EMPRESA DE PROTECCION AMBIENTAL
NIT:800.083.757-4

OS-L-948/2025
Versión No 1

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

FECHA REPORTE LABORATORIO:	30 DE DICIEMBRE DE 2025
FECHA DEL INFORME:	30 DE DICIEMBRE DE 2025
CLIENTE:	FUNDACION PROFESIONAL PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL AGUA - PROAGUA
ANÁLISIS SOLICITADO POR:	Ing. Jhon Jairo Daza
DIRECCIÓN/TELÉFONO:	Carrera 69 13B – 100 CA27 La Hacienda Mz1- /3145458687 Cali
NUMERO DE MUESTRAS:	4
MUESTRA TOMADA POR:	FUNDACION PROAGUA (Responsable de toma, identificación, preservación, almacenamiento ytransporte de la muestra)
(*) IDENTIFICACIÓN MUESTRA:	**QUEBRADA PUNTO 2**
(*) PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:	**MUNICIPO DE CALI, FARALLONES DE CALI - PARAMO**
CÓDIGO INTERNO DE LA MUESTRA:	2147
FECHA RECOLECCIÓN:	No informado
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA:	09 DE DICIEMBRE DE 2025
(*) TIPO DE MUESTRA:	AGUA SUPERFICIAL
TIPO DE MUESTREO:	NO INFORMADO

RESULTADOS

Parámetros		Resultados	Unidades	Fecha Análisis	Método - referencia
Arsénico	A	< 0,008	mg As/L	2025-12-30	Standard Methods Ed 24 / 3114C Espectrometría de Absorción Atómica – Generación de hidruros continua
Cianuro Total	A	< 0,10	mg CN-/L	2025-12-10	Standard Methods Ed 24 / 4500-CN- B, C, D. Destilación – Volumétrico
Fósforo Total	A	< 2,10	mg P/L	2025-12-12	Standard Methods Ed 24 / 4500 P B, C. Digestión Persulfato de amonio – Colorimétrico con ácido vanadomolibdofosforico
Mercurio	A	< 0,0010	mg Hg/L	2025-12-22	Standard Methods Ed 24 / 3112 B Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frio
Nitrógeno Kjeldahl	A	< 3,00	mg N/L	2025-12-17	Standard Methods Ed 24 / 4500 NH3 B, C Semi – micro Kjeldahl - Destilación, Volumétrico; SM 4500 N-org C
Sólidos Disueltos Totales	A	2.554	mg/L	2025-12-12	Norma Mexicana NMX-AA-034-SCFI-2015. Análisis de Agua - Medición de Sólidos y Sales Disueltas en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas.
Potasio	A	< 0,25	mg K/L	2025-12-30	Standard Methods Ed 24 / 3030 F, 3500 K– B. Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico - Emisión atómica

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Parámetros		Resultados	Unidades	Fecha Análisis	Método - referencia
Coliformes Termotolerantes (fecales)	SUB	4,5	NMP/100 mL	2025-12-09	------
Coliformes Totales	SUB	300	NMP/100 mL	2025-12-09	------

NOTA: ESTOS RESULTADOS SON VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LAS MUESTRAS ANALIZADAS. A: ACREDITADO - SUB: SUBCONTRATADO - NAC: NO ACREDITADO
Los resultados se aplican a la muestra tal cómo se recibió. (*) Información suministrada por el cliente.

Revisó

MARYIT CASTAÑO CAICEDO
RESPONSABLE DE CALIDAD
Tarjeta Profesional TQ-02096

Aprobó

JAIRO ALEJANDRO PALECHOR GALVEZ
JEFE DE LABORATORIO
Tarjeta Profesional PQ-07723

FIN DE INFORME

Pagina 4/4
LABORATORIO ACREDITADO POR EL IDEAM DE ACUERDO A LA NORMA NTC-ISO/IEC17025
Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin previa autorización de DBO INGENIERIA LTDA.
CALLE 10 # 29B-51 BODEGA 9 EL PORTAL DE DAPA TEL: 3165214174 Arroyohondo - Yumbo

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM

RESOLUCIÓN N.° __1471__ del __30 de octubre de 2023__

"Por la cual se renueva la acreditación y se extiende su alcance a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA,** para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales competentes, y demás relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables y se toman otras determinaciones"

LA SUBDIRECTORA DE ESTUDIOS AMBIENTALES DEL INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM-

En ejercicio de sus facultades legales y en especial las conferidas por el Decreto 291 de 2.004, artículo 5, el artículo 2.2.8.9.1.5 del Decreto 1076 de 2015, el Decreto 0044 del 13 de enero de 2023, y las Resoluciones No. 0268 de 2015, No. 0104 de 2022 y No. 0510 de 2023 del IDEAM

y

C O N S I D E R A N D O:

Que mediante la Resolución No. 1233 del 31 de mayo de 2017 el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM renovó la acreditación y extendió el alcance para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, identificado con N.I.T. 800.083.757-4, con domicilio en la Calle 10 Nº 29 B - 51, Bodega 9 El Portal de Dapa en el municipio de Yumbo, departamento del Valle del Cauca, bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración", versión 2005.

Que mediante la Resolución No. 2327 del 04 de octubre de 2017 se resolvió el recurso de reposición interpuesto contra la Resolución No. 1233 del 31 de mayo de 2017.

Que la acreditación se otorgó por un periodo de cuatros (4) años, hasta el 06 de octubre de 2021.

Que mediante el radicado No. 20209910078732 del 21 de diciembre de 2020, perteneciente al expediente No. 202060100100400055E, la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA,** allegó el formulario único de solicitud con fines de renovación de la acreditación y extensión del alcance de la acreditación, bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos Generales de Competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración", versión 2017**.**

Que mediante Auto No. 0012 del 24 de febrero de 2021, el IDEAM dispuso el inicio del trámite de renovación y extensión de la acreditación a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**.

Que mediante radicado No. 20216010006401 del 05 de abril de 2021, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM envío a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, la cotización y orden de consignación o pago de la visita de evaluación con fines de renovación y extensión de la acreditación.

Que mediante radicado No. 20219910029512 del 25 de mayo de 2021 la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, remitió al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM el comprobante de pago de la visita evaluación.

Que mediante correo electrónico con radicado No. 20219910054302 del 07 de octubre de 2021 la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, remitió al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM solicitud de acogimiento a la Resolución No. 0651 de 2020.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM

RESOLUCIÓN N.° __1471__ del __30 de octubre de 2023__

"Por la cual se renueva la acreditación y se extiende su alcance a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA,** para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales competentes, y demás relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables y se toman otras determinaciones"

Que mediante oficio con radicado No. 20216010024131 del 26 de octubre de 2021, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM dio respuesta al radicado No. 20219910054302 en los siguientes términos: *"En este contexto, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, por medio del presente considera procedente y prorroga la vigencia del acto administrativo Resolución N° 2327 del 04 de octubre de 2017 modificatoria de la Resolución N°1233 del 31 de mayo de 2017, y de todas las demás resoluciones que modificaron, en algún sentido, el alcance de la acreditación otorgado a la sociedad* ***DBO INGENIERÍA LTDA.,*** *para producir información cuantitativa física, química y biótica, para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, hasta tanto exista un pronunciamiento de fondo por parte de la administración, desde la programación, hasta el cierre de acciones correctivas y consecuente emisión y notificación del acto administrativo que decida de fondo respecto del trámite de renovación de acreditación, es decir, no se interrumpe el término de vigencia de la acreditación".*

Que mediante oficio con radicado No. 20226010082821 del 22 de junio de 2022, el IDEAM dio respuesta a la solicitud de reprogramación, en los siguientes términos: *"(…) el IDEAM ha programado la evaluación in situ con fines de renovación de la acreditación y extensión del alcance, para los días 16 al 26 de agosto de 2022 (medio día) (…)*".

Que mediante correo electrónico con radicado No. 20226010099901 del 29 de julio de 2022, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM remitió a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA** los documentos plan y cronograma de evaluación.

Que mediante Radicado No. 20226010104591 del 06 de agosto de 2022, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM remitió a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA** "Notificación de fecha de presentación de ensayos de aptitud".

Que la vista de evaluación de renovación de la acreditación y extensión del alcance de la acreditación de la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, se realizó por parte del IDEAM entre el 16 de agosto de 2022 y el 26 de agosto de 2022.

Que mediante oficio con radicado No. 20229910153642 del 29 de agosto de 2022, la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA** solicitó retiro de las siguientes variables del alcance de auditoría de renovación y extensión:

"Matriz agua

Pesticidas Organoclorados *[4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT, Aldrin, Alfa BHC, Beta BHC, Cis-Clordano, Delta BHC, Endosulfan II, Endosulfan sulfato, Endrín aldehído, Endrín Cetona, Endrín, Gama- BHC, Heptacloro, Heptacloro epóxido, Metoxicloro, Trans-Clordano]*
Pesticidas Organofosforados *[Dimetoato, Disulfoton, MetilParation, EtilParation, Fampur, Forato]*
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5): *Por membrana*
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAHs) [Naftaleno]: *Extracción Líquido- Líquido EPA 3510 C, Rev. 3, diciembre 1996 - Cromatografía de Gases con Detector de Ionización de Llama (GC/FID), EPA 8100 Rev.0 Sept 1986.*
Toma de muestra compuesta: *Variables medidas en campo: Oxígeno disuelto (SM 4500-O G).*

MATRIZ AGUA MARINA:

Metales Totales [Antimonio, Plata]: Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico *– Espectrometría de Absorción Atómica Llama Directa Aire-Acetileno; SM 3030 F, SM 3111 B.*

Matriz RESPEL

TCLP Compuestos Orgánicos semivolátiles [Gamma-BHC (Lindano), Clordano, Endrín, Heptacloro, Metoxicloro].
Cianuro: *Destilación EPA 9010 C, Revisión 3, noviembre 2004 - Volumétrico, Cianuro en aguas y extractos utilizando métodos manuales volumétricos y espectrofotométricos, EPA 9014, Revisión 1, julio 2014.*

Matriz calidad del aire

Análisis de Laboratorio para la Determinación de Dióxido de Azufre SO_2 en la atmosfera: *U.S. EPA e-CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice A-2. Pararrosanilina.*
Análisis de Laboratorio para la Determinación de Material Particulado como PM2.5: *EPA e-CFR. Titulo 40, Parte 50, Capítulo I, Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen*

Matriz fuentes fijas

Análisis de Laboratorio para la Determinación de las Emisiones de Óxidos de Nitrógeno desde Fuentes Estacionarias: *USEPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A:4 método 7, ácido fenoldisulfónico.*
Determinación de Puntos Transversos para para Muestreo y Velocidad en Fuentes Estacionarias con Chimeneas o Ductos Pequeños: *USEPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-1, Método 1A*
Determinación de la Velocidad de Gas y Tasa de Flujo Volumétrica en Chimeneas o Ductos Pequeños (Tubo Pitot Estándar): *USEPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-1, Método 2C*
Toma de Muestra y Análisis de Laboratorio para la Determinación de las Emisiones de Dióxido de Azufre y Ácido Sulfúrico desde Fuentes Estacionarias. *U.S. EPA CFR, Titulo 40, Parte 60, Apéndice A-4. Método 8."*

Que el 05 de septiembre de 2022 el IDEAM proyectó el informe de evaluación, correspondiente a la visita de renovación y extensión de la acreditación para la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA.,** mediante oficio con radicado No. 20226010119881.

Que mediante oficio con radicado No. 20229910160392 del 05 de septiembre de 2022, la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA** solicitó retiro de las siguientes variables del alcance de auditoría de renovación y extensión:

"Matriz agua

Coliformes Termotolerantes (leídos anteriormente como coliformes fecales): *Número más probable (NMP), Sustrato Enzimático Multicelda, SM 9223 B* ***Modificado.***
Coliformes Totales: *Número más probable (NMP), Sustrato enzimático Multicelda, SM 9223 B.*
Escherichia coli: *Número más probable (NMP), Sustrato enzimático Multicelda; SM 9223 B.*

Matriz aire –Fuentes fijas

Análisis de Laboratorio para la Determinación de las Emisiones de Material Particulado desde Fuentes Estacionarias: *US EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-3, Método 5."*

Que la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA,** allegó, por medio de correo electrónico, el día 16 de septiembre de 2022, el plan de acciones correctivas para las no conformidades detectadas en la evaluación in situ de renovación y extensión de la acreditación.

Que el 27 de septiembre de 2022 el IDEAM envió a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA,** el plan de acciones correctivas revisado mediante comunicación electrónica con radicado No. 20229910170472 para las no conformidades detectadas en la evaluación de renovación y extensión de la acreditación.

Que mediante oficio con Radicado No. 20229910186002 del 12 de octubre de 2022, la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA,** solicitó ampliación de plazo para entrega de evidencias para las no conformidades detectadas en la evaluación in situ de renovación y extensión de la acreditación.

Que mediante oficio con Radicado provisional No. 2022601-A-00054 del 25 de octubre de 2022 (Radicado No. 20226010142101), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, remitió a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, respuesta a la solicitud ampliación de plazo para entrega de evidencias para las no conformidades detectadas en la evaluación in situ de renovación y extensión de la acreditación.

Que mediante Radicado provisional No. 462 del 01 de noviembre de 2022 (Radicado No. 20226010177883), la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA** allegó el Plan de participación y seguimiento a ensayos de aptitud de laboratorios acreditados.

Que la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA,** allegó las evidencias para tratamiento de no conformidades detectadas durante la evaluación de renovación y extensión de la acreditación, mediante radicado No. 20239910009002 el 07 de febrero de 2023.

Que mediante oficio con radicado No. 20239910016052 del 03 de marzo de 2023, la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA** solicitó retiro de las siguientes variables del alcance de auditoría de renovación y extensión:

"Matriz Calidad de aire

Toma de Muestra para la Determinación de Material Particulado como PM_{10}: *US EPA CFR, Titulo 40, Parte 50, Capítulo I, Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen.* ***Método de referencia manual: RFPS-1287-063 (Serie:*** *2114****).***
Análisis de Laboratorio para la Determinación de Material Particulado como PM_{10}: *US EPA CFR, Titulo 40, Parte 50, Capítulo I, Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen.*
(…)

Matriz Fuentes fijas

Determinación de Puntos Transversos para Realizar Muestreo y Velocidad en Fuentes Estacionarias: *US EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-1, Método 1*

Determinación del Contenido de Humedad en Gases de Chimenea: *US EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-3, Método 4*
(…)"

Que mediante oficio con Radicado No. 20236010001251 del 16 de enero de 2023, el IDEAM, remitió a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, respuesta al radicado provisional No. 462 del 01 de noviembre de 2022 - Plan de participación y seguimiento a ensayos de aptitud de laboratorios acreditados.

Que, mediante comunicación electrónica del 28 de febrero de 2023, la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, allegó: *"Respuesta radicado provisional No. 462_2022-11-01 incluido radicado No. 20226010177883 -Plan de participación y seguimiento a ensayos de aptitud. Expediente ORFEO. 3.9 No. 20206010010040055E".*

Que mediante radicado No. 20236010015711 del 21 de marzo de 2023 el IDEAM remitió a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, requerimiento por evidencias incompletas según la información allegada por el OEC mediante Radicado No. 20239910009002.

Que mediante radicado No. 20236010016641 del 22 de marzo de 2023, el IDEAM envío a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, la cotización y orden de consignación o pago de la visita de verificación de acciones correctivas.

Que mediante radicado No. 20239910052902 del 06 de julio de 2023, la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, remitió al IDEAM el soporte de pago correspondiente a la visita de verificación de acciones correctivas.

Que mediante radicado No. 20236010051021 del 21 de julio de 2023, el IDEAM envió a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, oficio de confirmación de las fechas de la visita de verificación de acciones correctivas.

Que mediante correo electrónico con radicado No. 20236010055271 del 08 de agosto de 2023, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM remitió a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, el plan y cronograma de evaluación de la visita de verificación de acciones correctivas.

Que la visita de verificación de acciones correctivas de la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, se llevó a cabo por parte del IDEAM del 22 al 24 de agosto de 2023, tal y como obra en los registros del expediente No. 20236014110000646E perteneciente a la Subdirección de Estudios Ambientales.

Que mediante comunicación electrónica del 24 de agosto de 2023 con radicado No. 20239910066722, la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA** solicitó retiro de las siguientes variables del alcance de auditoría de renovación y extensión:

Matriz Agua

Sulfuro: Yodométrico, SM 4500 S^2, B, C, F
Compuestos Orgánicos Volátiles (BTEX) [Benceno, Etilbenceno, m+p-Xileno, o-xyleno, Tolueno]: Procedimiento interno IL-67 Tratamiento de muestra para cromatografía V5 / Cromatografía de gases GC/FID, EPA 8015 C Rev. 3. febrero 2007 Modificado.
Metales Totales [Selenio]: Espectrometría de Absorción Atómica Electrotérmica, SM 3113 B.

Matriz Agua Marina

Metales Totales [Selenio]: Espectrometría de Absorción Atómica Electrotérmica; SM 3113 B.

Matriz Residuos Peligrosos

TCLP – Metales [Selenio]: Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP SW 846 EPA 1311, Rev.0, JUL 1992 - Espectrometría de Absorción electrotérmica; SM 3113 B **Modificado.**

Matriz Aire – Emisiones por Fuentes Fijas

Determinación de Velocidad de Gas en Fuentes Estacionarias y Tasa de Flujo Volumétrica empleando el Tubo Pitot Tipo S: US EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-1, Método 2.
Toma de muestra para la Determinación de las Emisiones de Óxidos de Nitrógeno desde Fuentes Estacionarias: US EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A:4 método 7, ácido fenoldisulfónico.

Que una vez revisados los resultados de ensayos de aptitud para las variables del alcance de acreditación allegadas por la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA,** no se tuvo evidencia de calificación satisfactoria para las siguientes variables del alcance de acreditación:

MATRIZ AGUA MARINA:
Variable/método

1. **Metales Totales [Arsénico]:** Espectrometría de Absorción Atómica Electrotérmica; SM 3113 B.
2. **Metales totales [Vanadio]:** Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico – Espectrometría de absorción atómica llama Directa Óxido Nitroso – Acetileno; SM 3030 F, SM 3111 D.
3. **Metales Totales [Manganeso]:** Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico – Espectrometría de Absorción Atómica Llama Directa Aire-Acetileno; SM 3030 F, SM 3111 B.

Que el 12 de septiembre de 2023 el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, envió el informe de revisión de acciones correctivas para el trámite de renovación y extensión de la acreditación de la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA,** mediante comunicación electrónica con radicado Orfeo V.6.1. No. 20236010061011del 29 de agosto de 2023, el cual estableció:

"

IV. LAS VARIABLES PARA LAS CUALES NO HAY CONFORMIDAD CON RESPECTO AL CIERRE SATISFACTORIO DE ACCIONES CORRECTIVAS:

VARIABLES DE RENOVACIÓN

MATRIZ AGUA
Variable/método

1. ***Coliformes Termotolerantes (leídos anteriormente como coliformes fecales):*** *Número más probable (NMP), Sustrato Enzimático Multicelda, SM 9223 B* ***Modificado.***
2. ***Coliformes Totales:*** *Número más probable (NMP), Sustrato enzimático Multicelda, SM 9223 B.*
3. ***Escherichia coli:*** *Número más probable (NMP), Sustrato enzimático Multicelda; SM 9223 B.*

4. ***Compuestos Orgánicos Volátiles (BTEX) [Benceno, Etilbenceno, m+p-Xileno, o-xyleno, Tolueno]:*** *Procedimiento interno IL-67 Tratamiento de muestra para cromatografía V5 / Cromatografía de gases GC/FID, EPA 8015 C Rev. 3. febrero 2007 Modificado.*
5. ***Metales Totales [Selenio]:*** *Espectrometría de Absorción Atómica Electrotérmica, SM 3113 B.*

MATRIZ AGUA MARINA:
Variable/método

1. ***Metales Totales [Arsénico, Selenio]:*** *Espectrometría de Absorción Atómica Electrotérmica; SM 3113 B.*
2. ***Metales totales [Vanadio]:*** *Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico – Espectrometría de absorción atómica llama Directa Óxido Nitroso – Acetileno; SM 3030 F, SM 3111 D.*
3. ***Metales Totales [Manganeso]:*** *Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico – Espectrometría de Absorción Atómica Llama Directa Aire-Acetileno; SM 3030 F, SM 3111 B.*

MATRIZ RESIDUOS PELIGROSOS
Variable/método

1. ***TCLP – Metales [Selenio]:*** *Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP SW 846 EPA 1311, Rev.0, JUL 1992 - Espectrometría de Absorción electrotérmica; SM 3113 B* ***Modificado.***

MATRIZ AIRE – EMISIONES POR FUENTES FIJAS
Variable/método

1. ***Determinación de Puntos Transversos para Realizar Muestreo y Velocidad en Fuentes Estacionarias:*** *US EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-1, Método 1*
2. ***Determinación del Contenido de Humedad en Gases de Chimenea:*** *US EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-3, Método 4*

MATRIZ AIRE – CALIDAD DEL AIRE
Variable/método

1. ***Toma de Muestra para la Determinación de Material Particulado como PM_{10}:*** *US EPA CFR, Titulo 40, Parte 50, Capítulo I, Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen.* ***Método de referencia manual: RFPS-1287-063*** *(Serie: 2114, 1137, 861, 862).*
2. ***Análisis de Laboratorio para la Determinación de Material Particulado como PM_{10}:*** *US EPA CFR, Titulo 40, Parte 50, Capítulo I, Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen.*

VARIABLES DE EXTENSIÓN

MATRIZ AGUA
Variable / Método

1. ***Sulfuro:*** *Yodométrico, SM 4500 S^2, B, C, F*

MATRIZ AIRE – EMISIONES POR FUENTES FIJAS
Variable/método

1. ***Análisis de gases para la determinación del peso molecular-seco:*** *US EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-2, Método 3.*
2. ***Determinación de la Concentración de Oxígeno en Emisiones de Fuentes Estacionarias (Procedimiento del Analizador Instrumental):*** *U.S EPA CFR, Titulo 40, Parte 60, Apéndice A-2. Método 3A.*
3. ***Análisis de Laboratorio para la Determinación de las Emisiones de Material Particulado desde Fuentes Estacionarias:*** *US EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-3, Método 5.*

MATRIZ AIRE – CALIDAD DEL AIRE:
Variable/método

1. ***Toma de Muestra para la Determinación de Material Particulado como $PM_{2,5}$:*** *US EPA CFR. Titulo 40, Parte 50, Capítulo I, Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen.* ***Método de referencia manual: RFPS-0498-117 (Serie:*** *200FB204110002****).***
2. ***Toma de Muestras para la Determinación de Dióxido de Azufre SO_2 en la atmosfera:*** *U.S. EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice A-2. Pararrosanilina."*

Que así las cosas y de conformidad con las disposiciones establecidas en la Resolución No. 0268 de 2015, se hace necesario para este Instituto, expedir un Acto Administrativo con el objeto de renovar la acreditación y extender el alcance acreditado a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**.

Que finalmente y según la información remitida, la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, cumplió con todas las etapas y requisitos establecidos en la Resolución No. 0268 del 6 de marzo 2015, proferida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM para la renovación de la acreditación y extensión del alcance solicitado.

Que los documentos de la solicitud y desarrollo del proceso de acreditación de la sociedad sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, reposan en la dependencia del Grupo de Acreditación de la Subdirección de Estudios Ambientales del IDEAM, en los expedientes ORFEO 3.9 No. 20206010010040005 5E y ORFEO 6.1 20236014110000646E.

FUNDAMENTOS LEGALES

Lo anterior, con fundamento en los principios de la función pública, consagrados en el artículo 209 de la Carta Política, los procedimientos y las regulaciones administrativas deben tener como finalidad proteger y garantizar la efectividad de los derechos de las personas naturales y jurídicas ante las autoridades y facilitar las relaciones de los particulares con estas como usuarias o destinatarias de sus servicios de conformidad con los principios y reglas previstos en la Constitución Política y en la Ley.

Que de acuerdo con lo establecido en el artículo 17 de la Ley 99 del 22 de diciembre de 1993, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, es el establecimiento público encargado del levantamiento y manejo de la información científica y técnica sobre los ecosistemas que forman parte del patrimonio ambiental del país, así como de establecer las bases técnicas para clasificar y zonificar el uso del territorio nacional para los fines de planificación y ordenamiento del territorio. Corresponde a este Instituto efectuar el seguimiento de los recursos biofísicos de la Nación, especialmente en lo referente a su contaminación y degradación, necesarios para la toma de decisiones de las autoridades ambientales.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM

RESOLUCIÓN N.° __1471__ del __30 de octubre de 2023__

"Por la cual se renueva la acreditación y se extiende su alcance a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA,** para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales competentes, y demás relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables y se toman otras determinaciones"

EN RELACIÓN A LA ACREDITACIÓN

Que mediante el título I de la Resolución No. 0268 de 2015, se consagraron las disposiciones generales que regulan el otorgamiento de la acreditación, estableciendo el objeto, las definiciones y alcance que deben cumplir los laboratorios ambientales del sector público y privado que produzcan información física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales concernientes a la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

Que a su vez, se estableció en el Título II, los requisitos generales que debe cumplir todo laboratorio ambiental que desee acreditarse ante el Instituto.

Que por su parte el Título III, dispuso el procedimiento para la obtención de la acreditación.

Que en virtud del cumplimiento de los requisitos y procedimientos definidos por la Resolución No. 0268 de 2015, el Titulo IV, señaló la obligación que tiene el Instituto de expedir el acto administrativo por medio del cual se otorga o no la acreditación.

Que el Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales – IDEAM, publicó la Resolución No. 0104 del 28 de enero de 2022 "*Por medio de la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para la Acreditación de Laboratorios Ambientales en Colombia y se toman otras determinaciones*", la cual quedó en firme a partir de su publicación en el Diario Oficial, el 04 de febrero de 2022.

Que el artículo 90 de la Resolución No. 0104 de 28 de enero de 2022, dispuso en su inciso tercero: "*Los trámites que se encuentren en curso, antes de la entrada en vigencia de la presente resolución, continuarán bajo la norma que regule el proceso de acreditación a la fecha de la solicitud, pero el próximo trámite de seguimiento, renovación, ampliación, cambio de instalaciones deberán adelantarse bajo la presente resolución*."

Que con el Auto No. 0012 del 24 de febrero de 2021, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, inició el trámite de renovación y extensión de la acreditación, razón por la cual deberá culminar bajo el procedimiento establecido en la Resolución No. 0268 de 2015.

COMPETENCIA LEGAL

Que a través del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 el Gobierno Nacional expidió el Decreto Único Reglamentado del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, cuyo objeto es compilar la normatividad expedida por el Gobierno Nacional en ejercicio de las facultades reglamentarias conferidas por el numeral 11 del artículo 189 de la Constitución Política, para la cumplida ejecución de las leyes del sector Ambiente en el Artículo 2.2.8.9.1.5, estableció que el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, es la Entidad competente para establecer los sistemas de referencia para la acreditación e inter calibración analítica de los laboratorios cuya actividad esté relacionada con la producción de datos e información de carácter físico, químico y biótico de la calidad del medio ambiente de la República de Colombia.

Que de conformidad con el parágrafo 2 del 2.2.8.9.1.5 del Decreto arriba mencionado, los laboratorios que produzcan información cuantitativa, física y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales competentes, y los demás que produzcan información de carácter oficial relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, deberán poseer certificado de acreditación correspondiente otorgado mediante acto administrativo expedido por el IDEAM.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM

RESOLUCIÓN N.° __1471__ del __30 de octubre de 2023__

"Por la cual se renueva la acreditación y se extiende su alcance a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA,** para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales competentes, y demás relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables y se toman otras determinaciones"

Que de conformidad con el numeral 13 del Artículo Décimo Quinto del Decreto 291 del 29 de enero de 2004, corresponde al IDEAM a través de la Subdirección de Estudios Ambientales, acreditar los laboratorios ambientales del sector público y privado que produzcan información física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.

Que es así, como en desarrollo de esta competencia el Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales – IDEAM, expidió la Resolución No. 0268 del 11 de marzo de 2015, *"Por la cual se modifica la Resoluciones N°176 de 2003 y 1754 de 2008, y se establecen los requisitos y el procedimiento de acreditación de organismos de evaluación de la conformidad en matrices ambientales, bajo la norma NTC-ISO/IEC 17025 en Colombia".*

Que el IDEAM expidió la Resolución No. 0104 del 28 de enero de 2022 *"Por medio de la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para la Acreditación de Laboratorios Ambientales en Colombia y se toman otras determinaciones*".

Que mediante el Decreto número 0044 del 13 de enero de 2023, la Ministra de Ambiente y Desarrollo Sostenible, nombró a la doctora GHISLIANE ECHEVERRY PRIETO, en el empleo de Directora General Código 0015 Grado 23, del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.

Que mediante la Resolución No. 0510 del 26 de abril de 2023 la Directora General del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM delegó en la Subdirección de Estudios Ambientales la suscripción de los Actos Administrativos y demás actuaciones que se expidan en el marco del trámite de Acreditación de Laboratorios.

Que en mérito de lo expuesto,

RESUELVE:

ARTÍCULO 1. Renovar el alcance de la acreditación para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, identificada con N.I.T. 800.083.757-4, con domicilio en la Calle 10 Nº 29 B - 51, Bodega 9 El Portal de Dapa en el municipio de Yumbo, departamento del Valle del Cauca, para las variables relacionadas a continuación, bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos generales de competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración" versión 2017.

MATRIZ AGUA – COMPONENTE CONTINENTAL

1. **Acidez:** Volumétrico; SM 2310 B.
2. **Alcalinidad total:** Volumétrico, SM 2320 B.
3. **Bicarbonato, Carbonato:** Volumétrico, SM 2320 B.
4. **Calcio Total:** Digestión Ácido Nítrico / Ácido Sulfúrico – Volumétrico con EDTA; SM 3030 G, SM 3500 Ca B.
5. **Carbono Orgánico Total, COT:** Combustión a alta temperatura, SM 5310 B.
6. **Cianuro Total:** Destilación – Volumétrico, SM 4500-CN- B, C, D.
7. **Cloruro:** Volumétrico, SM 4500 Cl – B

8. **Color Real:** Determinación de Color Real utilizando instrumentos Ópticos. Calidad del Agua. Examen y Determinación de Color. ISO 7887:2011-12-15. Método B.
9. **Conductividad Eléctrica:** Electrométrico, SM 2510 B.
10. **Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO_5:** Incubación a 5 días y electrodo de luminiscencia SM 5210 B, ASTM D 888 – 18 Método C.
11. **Demanda Química de Oxígeno, DQO:** Reflujo cerrado – volumétrico; SM 5220 C **Modificado.**
12. **Dureza Cálcica:** Volumétrico con EDTA, SM 3500 – Ca B.
13. **Dureza Total:** Volumétrico con EDTA, SM 2340 C
14. **Fenoles:** Procedimiento de limpieza – Extracción con Cloroformo, SM 5530 B, C
15. **Fósforo Reactivo Disuelto (Leídos como Ortofosfatos):** Filtración - Cloruro Estañoso; SM 4500 P B, D.
16. **Fósforo Total:** Digestión Persulfato de amonio – Colorimétrico con ácido vanadomolibdofosforico, SM 4500 P B, C.
17. **Grasas y Aceites:** Extracción Soxhelt; SM 5520 D
18. **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PHAs) [Benzo(a) antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b) fluoranteno, Benzo(k) fluoranteno, Dibenzo(a,h)antraceno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Fenantreno, Fluoranteno, Pireno]:** Embudo de separación extracción líquido-líquido EPA 3510 C Rev. 3 diciembre 1996 –Cromatografía de gases con detector de ionización de llama (GC-FID), EPA 8100 Rev. 0 septiembre 1986.
19. **Magnesio Total:** Cálculo, SM 3500-Mg B.
20. **Metales Totales [Aluminio, Bario, Cromo, Vanadio]:** Digestión Ácido Nítrico/Ácido Clorhídrico – Espectrometría de Absorción Atómica Llama Directa Óxido Nitroso-Acetileno, SM 3030 F, SM 3111 D.
21. **Metales Totales [Antimonio, Cadmio, Cobalto, Cobre, Hierro, Manganeso, Níquel, Plata, Plomo, Zinc]:** Digestión Ácido Nítrico - Ácido Clorhídrico – Espectrometría de Absorción Atómica Llama Directa Aire-Acetileno; SM 3030 F, SM 3111 B.
22. **Metales Totales [Arsénico]:** Espectrometría de Absorción Atómica Electrotérmica, SM 3113 B.
23. **Metales Totales [Arsénico, Selenio]:** Espectrometría de Absorción Atómica – Generación de hidruros continua; SM 3114 C.
24. **Metales Totales [Mercurio]:** Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frio; SM 3112 B.
25. **Metales totales [Potasio]:** Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico - Emisión atómica; SM 3030 F, SM 3500 K– B.
26. **Nitratos:** Electrodo de Ion Selectivo, SM 4500-NO_3 D.
27. **Nitritos:** Colorimétrico, SM 4500-NO_2 B.
28. **Nitrógeno Amoniacal:** Destilación – Volumétrico, SM 4500-NH_3 B, C.
29. **Nitrógeno Kjeldahl:** Semi – micro Kjeldahl - Destilación, Volumétrico; SM 4500 N-org C, SM 4500 NH_3 B, C.
30. **Sólidos Disueltos Totales:** Norma Mexicana NMX-AA-034-SCFI-2015. Análisis de Agua - Medición de Sólidos y Sales Disueltas en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas.
31. **Sólidos Sedimentables:** Volumétrico; SM 2540 F
32. **Sólidos Suspendidos Totales:** Gravimétrico - Secado a 103 – 105 ºC; SM 2540 D.
33. **Sólidos Totales:** Gravimétrico - secado a 103– 105 ° C; SM 2540 B.
34. **Sulfato:** Turbidimétrico, SM 4500 SO_4 – E.
35. **Surfactantes aniónicos como SAAM**: Colorimétrico; SM 5540, C.
36. **Turbidez:** Nefelométrico, SM 2130 B.
37. **Toma de muestra simple o puntual: (**Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua). Variables medidas en campo: **pH** (SM 4500-H+ B), **Temperatura** (SM 2550 B), **Conductividad Eléctrica** (SM 2510 B), **Oxígeno disuelto** (SM 4500-O G), **Caudal** (Volumétrico, Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua).

38. **Toma de muestra compuesta: (**Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua). Variables medidas en campo: **pH** (SM 4500-H+ B), **Temperatura** (SM 2550 B), **Conductividad Eléctrica** (SM 2510 B), **Caudal** (Volumétrico, área -velocidad, Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua).
39. **Toma de muestra Integrada en cuerpo lotico: (**Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua). Variables medidas en campo: **pH** (SM 4500-H+ B), **Temperatura** (SM 2550 B), **Conductividad Eléctrica** (SM 2510 B), **Oxígeno disuelto** (SM 4500-O G), **Caudal** (Área-Velocidad, Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua).
40. **Toma de muestra Integrada en cuerpo lentico: (**Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua). Variables medidas en campo: **pH** (SM 4500-H+ B), **Temperatura** (SM 2550 B), **Conductividad Eléctrica** (SM 2510 B), **Oxígeno disuelto** (SM 4500-O G).
41. **Toma de Muestra de Agua Subterránea: (**Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua). Variables medidas en campo: **pH** (SM 4500-H+ B), **Temperatura** (SM 2550 B), **Conductividad Eléctrica** (SM 2510 B), **Oxígeno disuelto** (SM 4500-O G).

MATRIZ AGUA MARINA – COMPONENTE CONTINENTAL

1. **Metales totales [Aluminio, Cromo]:** Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico – Espectrometría de absorción atómica llama Directa Óxido Nitroso – Acetileno; SM 3030 F, SM 3111 D.
2. **Metales Totales [Cadmio, Cobalto, Cobre, Hierro, Níquel, Plomo, Zinc]:** Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico – Espectrometría de Absorción Atómica Llama Directa Aire-Acetileno; SM 3030 F, SM 3111 B.
3. **Metales Totales [Mercurio]:** Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frio; SM 3112 B.

MATRIZ RESIDUOS PELIGROSOS

1. **Corrosividad (pH):** Electrométrico, US - EPA 9040 C, revisión 3 noviembre de 2004, Modificado.
2. **Corrosividad**: Volumétrico; Resolución N°0062 del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Parte 1 - Numeral 2.2 Determinación Reserva Acido/Álcali **(Ensayo que no permite desclasificar como residuo peligroso).**
3. **TCLP – Metales [Arsénico]:** Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP SW 846 EPA 1311, Rev.0, JUL 1992 - Espectrometría de Absorción electrotérmica; SM 3113 B **Modificado.**
4. **TCLP - Metales [Arsénico, Selenio]:** Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP, SW 846 EPA 1311, Rev. 0, julio, 1992 - Espectrometría de Absorción Atómica – Generación de hidruros continua; SM 3114 C.
5. **TCLP – Metales [Bario, Cromo]:** Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP, SW 846 EPA 1311, Rev. 0, julio, 1992 / Digestión ácida de muestras y extractos acuosos para metales totales para el análisis por Espectroscopía FLAA / ICP, EPA 3010 A, Rev.1, Julio 1992 - Espectrometría de Absorción Atómica con llama directa Óxido Nitroso – Acetileno, SM 3111 D. **Modificado**
6. **TCLP - Metales [Cadmio, Plomo]:** Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP, SW 846 EPA 1311, Rev. 0, julio, 1992 - Digestión ácida de muestras y extractos acuosos para metales totales para el análisis por Espectroscopía FLAA/ ICP, EPA 3010 A, Rev.1, Julio 1992 - Espectrometría Absorción Atómica con llama directa Aire – Acetileno, SM 3111 B. **Modificado**.
7. **TCLP – Metales [Mercurio]:** Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP SW 846 EPA 1311, Rev.0, JUL 1992 - Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frio, SM 3112 B. **Modificado**

8. **TCLP - Metales [Plata]:** Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP, SW 846 EPA 1311, Rev. 0, julio, 1992 - Digestión del método EPA 7760 A Rev. 1, julio 1992 – Espectrometría de Absorción Atómica con llama directa Aire – Acetileno, SM 3111 B. **Modificado**.
9. **Punto de inflamabilidad (flash point) - Residuos Líquidos:** Calentamiento progresivo y puesta en contacto con una fuente de ignición; Resolución N°0062 del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Parte 2 - Numeral 4.1 Inflamabilidad en líquidos.
10. **Punto de inflamabilidad (flash point) - Residuos Sólidos:** Se somete a inflamación y se determina la duración y velocidad de la combustión; Resolución N°0062 del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM Parte 2 - Numeral 4.2 Inflamabilidad en sólidos.
11. **Toma de muestra en barriles:** Numeral 1.6.2. Resolución No. 0062 del 30 de marzo de 2007 del IDEAM.
12. **Toma de muestra en pilas de desecho:** Numeral 1.6.4 de la Resolución No.0062 del 30 de marzo de 2007 emitida por el IDEAM.
13. **Toma de muestra en costales o bolsas:** Numeral 1.5.1.1 de la Resolución No. 0062 del 30 de marzo de 2007 emitida por el IDEAM.

PARÁGRAFO: Los métodos relacionados anteriormente tienen como referencia el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA – AWWA - WEF, 23rd edition 2017*, salvo en los casos en que se especifique directamente otra referencia bibliográfica.

ARTÍCULO 2. No renovar el alcance de la acreditación para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, identificada con N.I.T. 800.083.757-4, con domicilio en la Calle 10 Nº 29 B - 51, Bodega 9 El Portal de Dapa en el municipio de Yumbo, departamento del Valle del Cauca, para las variables relacionadas a continuación, bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos generales de competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración" versión 2017.

MATRIZ AGUA – COMPONENTE CONTINENTAL

1. **Coliformes Termotolerantes (leídos anteriormente como coliformes fecales):** Número más probable (NMP), Sustrato Enzimático Multicelda, SM 9223 B **Modificado.**
2. **Coliformes Totales:** Número más probable (NMP), Sustrato enzimático Multicelda, SM 9223 B.
3. **Escherichia coli:** Número más probable (NMP), Sustrato enzimático Multicelda; SM 9223 B.
4. **Compuestos Orgánicos Volátiles (BTEX) [Benceno, Etilbenceno, m+p-Xileno, o-xyleno, Tolueno]:** Procedimiento interno IL-67 Tratamiento de muestra para cromatografía V5 / Cromatografía de gases GC/FID, EPA 8015 C Rev. 3. febrero 2007 Modificado.
5. **Metales Totales [Selenio]:** Espectrometría de Absorción Atómica Electrotérmica, SM 3113 B.
6. **Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO_5:** Incubación a 5 días y electrodo de membrana, SM 5210 B, 4500 O-G.
7. **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAHs) [Naftaleno]:** Extracción Líquido- Líquido EPA 3510 C, Rev. 3, diciembre 1996 - Cromatografía de Gases con Detector de Ionización de Llama (GC/FID), EPA 8100 Rev.0 Sept 1986.
8. **Pesticidas Organoclorados [4,4'-DDD, 4,4'-DDT, Aldrin, Alfa BHC, Beta BHC, Cis-Clordano, Delta BHC, Endosulfan II, Endosulfan sulfato, Endrín aldehído, Endrín Cetona, Endrín, Gama- BHC, Heptacloro, Heptacloro epóxido, Metoxicloro, Trans-Clordano]:** Embudo de separación extracción Líquido- Líquido EPA 3510 C, Rev. 3, diciembre 1996 - Cromatografía de Gases con Detector de Captura de Electrones (GC/ECD), U.S. EPA 8081 B, Rev. 2, febrero de 2007.
9. **Pesticidas Organofosforados [Dimetoato, Disulfoton, MetilParation, EtilParation, Fampur, Forato]:** Embudo de separación extracción Líquido- Líquido, US-EPA 3510 C, Rev 3 diciembre de 1996 -

Cromatografía de Gases con Detector fotométrico de llama (GC/FPD), US-EPA 8141 B, Rev. 2, febrero de 2007.

10. **Toma de muestra compuesta:** Variables medidas en campo: **Oxígeno disuelto** (SM 4500-O G).

MATRIZ AGUA – COMPONENTE MARINO:

1. **Metales Totales [Arsénico, Selenio]:** Espectrometría de Absorción Atómica Electrotérmica; SM 3113 B.
2. **Metales totales [Vanadio]:** Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico – Espectrometría de absorción atómica llama Directa Óxido Nitroso – Acetileno; SM 3030 F, SM 3111 D.
3. **Metales Totales [Manganeso]:** Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico – Espectrometría de Absorción Atómica Llama Directa Aire-Acetileno; SM 3030 F, SM 3111 B.

MATRIZ RESIDUOS PELIGROSOS

1. **TCLP – Metales [Selenio]:** Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP SW 846 EPA 1311, Rev.0, JUL 1992 - Espectrometría de Absorción electrotérmica; SM 3113 B **Modificado.**
2. **Cianuro:** Destilación EPA 9010 C, Revisión 3, noviembre 2004 - Volumétrico, Cianuro en aguas y extractos utilizando métodos manuales volumétricos y espectrofotométricos, EPA 9014, Revisión 1, julio 2014.
3. **TCLP Compuestos Orgánicos semivolátiles [Gamma-BHC (Lindano), Endrín, Heptacloro, Metoxicloro]:** Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP, SW 846 EPA 1311, Rev. 0, julio, 1992 - Embudo de separación extracción líquido-líquido EPA 3510 C Rev. 3 diciembre 1996 - Cromatografía de gas; EPA 8081 B. Rev. 2 febrero 2007.

MATRIZ AIRE – EMISIONES POR FUENTES FIJAS

1. **Determinación de Puntos Transversos para Realizar Muestreo y Velocidad en Fuentes Estacionarias:** US EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-1, Método 1
2. **Determinación de Puntos Transversos para para Muestreo y Velocidad en Fuentes Estacionarias con Chimeneas o Ductos Pequeños:** USEPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-1, Método 1A
3. **Determinación de la Velocidad de Gas y Tasa de Flujo Volumétrica en Chimeneas o Ductos Pequeños (Tubo Pitot Estándar):** USEPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-1, Método 2C
4. **Determinación del Contenido de Humedad en Gases de Chimenea:** US EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-3, Método 4
5. **Análisis de Laboratorio para la Determinación de las Emisiones de Óxidos de Nitrógeno desde Fuentes Estacionarias:** USEPA e-CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A:4 método 7, ácido fenoldisulfónico.
6. **Análisis de Laboratorio para la Determinación de las Emisiones de Dióxido de Azufre y Ácido Sulfúrico desde Fuentes Estacionarias.** U.S. EPA CFR, Titulo 40, Parte 60, Apéndice A-4. Método 8.

MATRIZ AIRE – CALIDAD DEL AIRE

1. **Toma de Muestra para la Determinación de Material Particulado como PM_{10}:** US EPA CFR, Titulo 40, Parte 50, Capítulo I, Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen. **Método de referencia manual: RFPS-1287-063**
2. **Análisis de Laboratorio para la Determinación de Material Particulado como PM_{10}:** US EPA CFR, Titulo 40, Parte 50, Capítulo I, Subcapítulo C, Apéndice J. Alto Volumen.
3. **Análisis de Laboratorio para la Determinación de Dióxido de Azufre SO_2 en la atmosfera:** U.S. EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice A-2. Pararrosanilina.

PARÁGRAFO. La sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, identificada con N.I.T. 800.083.757-4, en caso de continuar interesada en la acreditación de las variables mencionadas en el artículo 2 del presente Acto Administrativo, deberá iniciar nuevamente el trámite de acreditación de acuerdo con los términos y procedimientos descritos en la Resolución No. 0104 de 2022.

ARTÍCULO 3. Extender el alcance de la acreditación para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, identificada con N.I.T. 800.083.757-4, con domicilio en la Calle 10 Nº 29 B - 51, Bodega 9 El Portal de Dapa en el municipio de Yumbo, departamento del Valle del Cauca, para las variables relacionadas a continuación, bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos generales de competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración" versión 2017.

MATRIZ AIRE – RUIDO:

1. **Emisión de Ruido:** Procedimiento de medición para emisiones de ruido. Capítulo I, Anexo 3. Resolución 627 de 2006 emitido por el ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**.**

ARTÍCULO 4. No extender el alcance de la acreditación para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, identificada con N.I.T. 800.083.757-4, con domicilio en la Calle 10 Nº 29 B - 51, Bodega 9 El Portal de Dapa en el municipio de Yumbo, departamento del Valle del Cauca, para las variables relacionadas a continuación, bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos generales de competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración" versión 2017.

MATRIZ AGUA – COMPONENTE CONTINENTAL

1. **Sulfuro:** Yodométrico, SM 4500 S^2, B, C, F
2. **Pesticidas Organoclorados [4,4'-DDE]:** Embudo de separación extracción Líquido- Líquido EPA 3510 C, Rev. 3, diciembre 1996 - Cromatografía de Gases con Detector de Captura de Electrones (GC/ECD), U.S. EPA 8081 B, Rev. 2, febrero de 2007.

MATRIZ AGUA – COMPONENTE MARINO:

1. **Metales Totales [Antimonio, Plata]:** Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico – Espectrometría de Absorción Atómica Llama Directa Aire-Acetileno; SM 3030 F, SM 3111 B.

MATRIZ RESIDUOS PELIGROSOS:

1. **TCLP Compuestos Orgánicos semivolátiles [Clordano]:** Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP, SW 846 EPA 1311, Rev. 0, julio, 1992 - Embudo de separación extracción líquido-líquido EPA 3510 C Rev. 3 diciembre 1996 - Cromatografía de gas; EPA 8081 B. Rev. 2 febrero 2007.

MATRIZ AIRE – EMISIONES POR FUENTES FIJAS

1. **Determinación de Velocidad de Gas en Fuentes Estacionarias y Tasa de Flujo Volumétrica empleando el Tubo Pitot Tipo S:** US EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-1, Método 2.

2. **Análisis de gases para la determinación del peso molecular-seco:** US EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-2, Método 3.
3. **Determinación de la Concentración de Oxígeno en Emisiones de Fuentes Estacionarias (Procedimiento del Analizador Instrumental):** U.S EPA CFR, Titulo 40, Parte 60, Apéndice A-2. Método 3A.
4. **Análisis de Laboratorio para la Determinación de las Emisiones de Material Particulado desde Fuentes Estacionarias:** US EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A-3, Método 5.
5. **Toma de muestra para la Determinación de las Emisiones de Óxidos de Nitrógeno desde Fuentes Estacionarias:** US EPA CFR Título 40, Parte 60, Apéndice A:4 método 7, ácido fenoldisulfónico.
6. **Toma de Muestra para la Determinación de las Emisiones de Dióxido de Azufre y Ácido Sulfúrico desde Fuentes Estacionarias.** U.S. EPA CFR, Titulo 40, Parte 60, Apéndice A-4. Método 8.

MATRIZ AIRE – CALIDAD DEL AIRE:

1. **Toma de Muestra para la Determinación de Material Particulado como $PM_{2,5}$:** US EPA CFR. Titulo 40, Parte 50, Capítulo I, Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen. **Método de referencia manual: RFPS-0498-117.**
2. **Análisis de Laboratorio para la Determinación de Material Particulado como PM2.5:** EPA e-CFR. Titulo 40, Parte 50, Capítulo I, Subcapítulo C, Apéndice L. Bajo Volumen
3. **Toma de Muestras para la Determinación de Dióxido de Azufre SO_2 en la atmosfera:** U.S. EPA CFR Título 40, Capítulo I, Subcapítulo C, Parte 50, Apéndice A-2. Pararrosanilina.

PARÁGRAFO. La sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, identificada con N.I.T. 800.083.757-4. en caso de continuar interesada en la acreditación de las variables mencionadas en el artículo 4 del presente Acto Administrativo, deberá iniciar nuevamente el trámite de acreditación de acuerdo con los términos y procedimientos descritos en la Resolución No. 0104 de 2022.

ARTÍCULO 5. Establecer que a partir de la ejecutoria del presente Acto Administrativo el alcance de la acreditación para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables, a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, identificada con N.I.T. 800.083.757-4, con domicilio en la Calle 10 Nº 29 B - 51, Bodega 9 El Portal de Dapa en el municipio de Yumbo, departamento del Valle del Cauca, para las variables relacionadas a continuación, bajo los lineamientos de la norma NTC-ISO/IEC 17025 "Requisitos generales de competencia de Laboratorios de Ensayo y Calibración" versión 2017.

MATRIZ AGUA – COMPONENTE CONTINENTAL

1. **Acidez:** Volumétrico; SM 2310 B.
2. **Alcalinidad total:** Volumétrico, SM 2320 B.
3. **Bicarbonato, Carbonato:** Volumétrico, SM 2320 B.
4. **Calcio Total:** Digestión Ácido Nítrico / Ácido Sulfúrico – Volumétrico con EDTA; SM 3030 G, SM 3500 Ca B.
5. **Carbono Orgánico Total, COT:** Combustión a alta temperatura, SM 5310 B.
6. **Cianuro Total:** Destilación – Volumétrico, SM 4500-CN- B, C, D.
7. **Cloruro:** Volumétrico, SM 4500 Cl – B.

8. **Color Real:** Determinación de Color Real utilizando instrumentos Ópticos. Calidad del Agua. Examen y Determinación de Color. ISO 7887:2011-12-15. Método B.
9. **Conductividad Eléctrica:** Electrométrico, SM 2510 B.
10. **Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO_5:** Incubación a 5 días y electrodo de luminiscencia SM 5210 B, ASTM D 888 – 18 Método C.
11. **Demanda Química de Oxígeno, DQO:** Reflujo cerrado – volumétrico; SM 5220 C **Modificado.**
12. **Dureza Cálcica:** Volumétrico con EDTA, SM 3500 – Ca B.
13. **Dureza Total:** Volumétrico con EDTA, SM 2340 C.
14. **Fenoles:** Procedimiento de limpieza – Extracción con Cloroformo, SM 5530 B, C.
15. **Fósforo Reactivo Disuelto (Leídos como Ortofosfatos):** Filtración - Cloruro Estañoso; SM 4500 P B, D.
16. **Fósforo Total:** Digestión Persulfato de amonio – Colorimétrico con ácido vanadomolibdofosforico, SM 4500 P B, C.
17. **Grasas y Aceites:** Extracción Soxhelt; SM 5520 D.
18. **Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PHAs) [Benzo(a) antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b) fluoranteno, Benzo(k) fluoranteno, Dibenzo(a,h)antraceno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Fenantreno, Fluoranteno, Pireno]:** Embudo de separación extracción líquido-líquido EPA 3510 C Rev. 3 diciembre 1996 –Cromatografía de gases con detector de ionización de llama (GC-FID), EPA 8100 Rev. 0 septiembre 1986.
19. **Magnesio Total:** Cálculo, SM 3500-Mg B.
20. **Metales Totales [Aluminio, Bario, Cromo, Vanadio]:** Digestión Ácido Nítrico/Ácido Clorhídrico – Espectrometría de Absorción Atómica Llama Directa Óxido Nitroso-Acetileno, SM 3030 F, SM 3111 D.
21. **Metales Totales [Antimonio, Cadmio, Cobalto, Cobre, Hierro, Manganeso, Níquel, Plata, Plomo, Zinc]:** Digestión Ácido Nítrico - Ácido Clorhídrico – Espectrometría de Absorción Atómica Llama Directa Aire-Acetileno; SM 3030 F, SM 3111 B.
22. **Metales Totales [Arsénico]:** Espectrometría de Absorción Atómica Electrotérmica, SM 3113 B.
23. **Metales Totales [Arsénico, Selenio]:** Espectrometría de Absorción Atómica – Generación de hidruros continua; SM 3114 C.
24. **Metales Totales [Mercurio]:** Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frio; SM 3112 B.
25. **Metales totales [Potasio]:** Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico - Emisión atómica; SM 3030 F, SM 3500 K– B.
26. **Nitratos:** Electrodo de Ion Selectivo, SM 4500-NO_3 D.
27. **Nitritos:** Colorimétrico, SM 4500-NO_2 B
28. **Nitrógeno Amoniacal:** Destilación – Volumétrico, SM 4500-NH_3 B, C.
29. **Nitrógeno Kjeldahl:** Semi – micro Kjeldahl - Destilación, Volumétrico; SM 4500 N-org C, SM 4500 NH_3 B, C.
30. **Sólidos Disueltos Totales:** Norma Mexicana NMX-AA-034-SCFI-2015. Análisis de Agua - Medición de Sólidos y Sales Disueltas en Aguas Naturales, Residuales y Residuales Tratadas.
31. **Sólidos Sedimentables:** Volumétrico; SM 2540 F
32. **Sólidos Suspendidos Totales:** Gravimétrico - Secado a 103 – 105 ºC; SM 2540 D.
33. **Sólidos Totales:** Gravimétrico - secado a 103– 105 ° C; SM 2540 B.
34. **Sulfato:** Turbidimétrico, SM 4500 SO_4 – E.
35. **Surfactantes aniónicos como SAAM**: Colorimétrico; SM 5540, C.
36. **Turbidez:** Nefelométrico, SM 2130 B.
37. **Toma de muestra simple o puntual: (**Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua). Variables medidas en campo: **pH** (SM 4500-H+ B), **Temperatura** (SM 2550 B), **Conductividad Eléctrica** (SM 2510 B), **Oxígeno disuelto** (SM 4500-O G), **Caudal** (Volumétrico, Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua).

38. **Toma de muestra compuesta: (**Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua). Variables medidas en campo: **pH** (SM 4500-H+ B), **Temperatura** (SM 2550 B), **Conductividad Eléctrica** (SM 2510 B), **Caudal** (Volumétrico, área -velocidad, Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua).
39. **Toma de muestra Integrada en cuerpo lotico: (**Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua). Variables medidas en campo: **pH** (SM 4500-H+ B), **Temperatura** (SM 2550 B), **Conductividad Eléctrica** (SM 2510 B), **Oxígeno disuelto** (SM 4500-O G), **Caudal** (Área-Velocidad, Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua).
40. **Toma de muestra Integrada en cuerpo lentico: (**Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua). Variables medidas en campo: **pH** (SM 4500-H+ B), **Temperatura** (SM 2550 B), **Conductividad Eléctrica** (SM 2510 B), **Oxígeno disuelto** (SM 4500-O G).
41. **Toma de Muestra de Agua Subterránea: (**Ideam, Invemar (2021), Protocolo de monitoreo y seguimiento del agua). Variables medidas en campo: **pH** (SM 4500-H+ B), **Temperatura** (SM 2550 B), **Conductividad Eléctrica** (SM 2510 B), **Oxígeno disuelto** (SM 4500-O G).

MATRIZ AGUA COMPONENTE MARINO:

1. **Metales totales [Aluminio, Cromo]:** Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico – Espectrometría de absorción atómica llama Directa Óxido Nitroso – Acetileno; SM 3030 F, SM 3111 D.
2. **Metales Totales [Cadmio, Cobalto, Cobre, Hierro, Níquel, Plomo, Zinc]:** Digestión con ácido nítrico / ácido clorhídrico – Espectrometría de Absorción Atómica Llama Directa Aire-Acetileno; SM 3030 F, SM 3111 B.
3. **Metales Totales [Mercurio]:** Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frio; SM 3112 B.

MATRIZ RESIDUOS PELIGROSOS

1. **Corrosividad (pH):** Electrométrico, US - EPA 9040 C, revisión 3 noviembre de 2004, Modificado.
2. **Corrosividad**: Volumétrico; Resolución N°0062 del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Parte 1 - Numeral 2.2 Determinación Reserva Acido/Álcali **(Ensayo que no permite desclasificar como residuo peligroso).**
3. **TCLP – Metales [Arsénico]:** Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP SW 846 EPA 1311, Rev.0, JUL 1992 - Espectrometría de Absorción electrotérmica; SM 3113 B **Modificado.**
4. **TCLP - Metales [Arsénico, Selenio]:** Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP, SW 846 EPA 1311, Rev. 0, julio, 1992 - Espectrometría de Absorción Atómica – Generación de hidruros continua; SM 3114 C.
5. **TCLP – Metales [Bario, Cromo]:** Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP, SW 846 EPA 1311, Rev. 0, julio, 1992 / Digestión ácida de muestras y extractos acuosos para metales totales para el análisis por Espectroscopía FLAA / ICP, EPA 3010 A, Rev.1, Julio 1992 - Espectrometría de Absorción Atómica con llama directa Óxido Nitroso – Acetileno, SM 3111 D. **Modificado**
6. **TCLP - Metales [Cadmio, Plomo]:** Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP, SW 846 EPA 1311, Rev. 0, julio, 1992 - Digestión ácida de muestras y extractos acuosos para metales totales para el análisis por Espectroscopía FLAA/ ICP, EPA 3010 A, Rev.1, Julio 1992 - Espectrometría Absorción Atómica con llama directa Aire – Acetileno, SM 3111 B. **Modificado**.
7. **TCLP – Metales [Mercurio]:** Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP SW 846 EPA 1311, Rev.0, JUL 1992 - Espectrometría de Absorción Atómica Vapor Frio, SM 3112 B. **Modificado**

8. **TCLP - Metales [Plata]:** Procedimiento de Lixiviación para Determinación de Toxicidad – TCLP, SW 846 EPA 1311, Rev. 0, julio, 1992 - Digestión del método EPA 7760 A Rev. 1, julio 1992 – Espectrometría de Absorción Atómica con llama directa Aire – Acetileno, SM 3111 B. **Modificado**.
9. **Punto de inflamabilidad (flash point) - Residuos Líquidos:** Calentamiento progresivo y puesta en contacto con una fuente de ignición; Resolución N°0062 del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Parte 2 - Numeral 4.1 Inflamabilidad en líquidos.
10. **Punto de inflamabilidad (flash point) - Residuos Sólidos:** Se somete a inflamación y se determina la duración y velocidad de la combustión; Resolución N°0062 del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM Parte 2 - Numeral 4.2 Inflamabilidad en sólidos.
11. **Toma de muestra en barriles:** Numeral 1.6.2. Resolución No. 0062 del 30 de marzo de 2007 del IDEAM.
12. **Toma de muestra en pilas de desecho:** Numeral 1.6.4 de la Resolución No.0062 del 30 de marzo de 2007 emitida por el IDEAM.
13. **Toma de muestra en costales o bolsas:** Numeral 1.5.1.1 de la Resolución No. 0062 del 30 de marzo de 2007 emitida por el IDEAM.

MATRIZ AIRE – RUIDO:

1. **Emisión de Ruido:** Procedimiento de medición para emisiones de ruido. Capítulo I, Anexo 3. Resolución 627 de 2006 emitido por el ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**.**

PARÁGRAFO: Los métodos relacionados anteriormente tienen como referencia el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, APHA – AWWA - WEF, 23nd edition 2017*, salvo en los casos en que se especifique directamente otra referencia bibliográfica.

ARTÍCULO 6. La acreditación que se renueva y extiende a través del presente Acto Administrativo no ampara ningún tipo de actividad diferente a las descritas en el correspondiente informe y en la presente Resolución, para lo cual la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, identificada con N.I.T. 800.083.757-4, deberá cumplir y mantener las condiciones bajo las cuales obtuvo la acreditación.

ARTÍCULO 7. La sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, para mantener la acreditación, deberá participar y allegar al IDEAM los informes de resultados de ensayos de aptitud vigentes anualmente conforme con lo programado en el plan de participación de ensayos de aptitud para las matrices/variables/métodos (cuando aplique), descrito en el título VIII de la Resolución No. 0104 del 28 de enero de 2022 y en la política de Política de Participación y Presentación de Ensayos de Aptitud, descrita en el Artículo 78 de la Resolución No. 0104 de 2022.

PARÁGRAFO: La sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, beneficiaria de la presente Resolución, deberá allegar al Grupo de Acreditación del IDEAM el plan de participación en ensayos de aptitud debidamente diligenciado y en el formato dispuesto por el Instituto, dentro de los quince (15) días hábiles siguientes a la ejecutoria del presente Acto Administrativo, de conformidad con el artículo 71 de la Resolución No. 0104 de 2022.

ARTÍCULO 8. Para efectos de seguimiento de la acreditación el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, hará una visita de verificación a los veinticuatro (24) meses de haberse renovado la acreditación, para lo cual la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, deberá solicitar la visita de seguimiento durante los meses doce (12) a catorce (14) de haberse renovado la acreditación, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 41 de la Resolución No. 0104 de 2022.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM

RESOLUCIÓN N.° __1471__ del __30 de octubre de 2023__

"Por la cual se renueva la acreditación y se extiende su alcance a la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA,** para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las Autoridades Ambientales competentes, y demás relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables y se toman otras determinaciones"

ARTÍCULO 9. La sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, beneficiaria de la presente Resolución de continuar interesado en la acreditación deberá solicitar la renovación de la acreditación ante esta entidad entre los meses once (11) y nueve (9) anteriores al vencimiento del Acto Administrativo que le otorgó la acreditación, para lo cual se someterá a una nueva auditoría, de acuerdo con lo establecido Artículo 48 de la Resolución No. 0104 del 28 de enero de 2022.

ARTÍCULO 10. Por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, notificar electrónicamente o por aviso, cuando a ello hubiere lugar, el contenido del presente Acto Administrativo al representante legal, apoderado debidamente constituido y/o a la persona debidamente autorizada por la sociedad **DBO INGENIERÍA LTDA**, identificada con NIT 800.083.757-4, con domicilio en la Calle 10 Nº 29 B - 51, Bodega 9 El Portal de Dapa en el municipio de Yumbo, departamento del Valle del Cauca, de conformidad con los artículos 67 y 69 del Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo.

ARTÍCULO 11. En contra del presente Acto Administrativo procede el recurso de reposición, el cual se podrá interponer por el representante o apoderado debidamente constituido, por escrito ante la Subdirectora del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales dentro de los diez (10) días siguientes a la notificación, o al vencimiento del término de publicación, según el caso, de conformidad con lo establecido en los artículos 76 y 77 del Código de Procedimiento Administrativo y de lo Contencioso Administrativo.

ARTÍCULO 12. La vigencia de la presente Resolución será de cuatro (4) años, los cuales se contarán a partir de su debida ejecutoria.

NOTIFÍQUESE Y CÚMPLASE

Dado en Bogotá D. C., a los 30 días del mes de octubre de 2023

PATIÑO CORREA ELIZABETH

Firmado digitalmente por PATIÑO CORREA ELIZABETH
Fecha: 2023.10.30 12:40:09 -05'00'

ELIZABETH PATIÑO CORREA
Subdirectora de Estudios Ambientales

	Nombre	***Cargo***	***Firma***
Proyectó	*Anyi Gordillo*	*Contratista- Grupo de Acreditación*	Anyi Gordillo
Revisó	*Johana Criollo Alvarado*	*Contratista Grupo de Acreditación*	JA
Aprobó	Jeison Duván Peñaloza Bejarano	Coordinador Grupo Acreditación	
Revisó	Jairo Mauricio Beltrán Ballen	Abogado Grupo Acreditación	VB JMBB
Aprobó	Gilberto Antonio Ramos Suarez	Jefe Oficina Asesora Jurídica	
Expediente	ORFEO 3.9 No. 20206010010040005 5E ORFEO 6.1 No. 20236014110000646E		
Radicado	20236010062281		
Los arriba firmantes declaramos que hemos revisado el presente documento y lo encontramos ajustado a las normas y disposiciones legales y/o técnicas vigentes y por lo tanto bajo nuestra responsabilidad lo presentamos para la firma de la Subdirectora de Estudios Ambientales del IDEAM.			