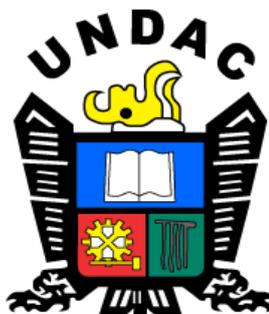


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

Identificación de Especies de Flora y Fauna en la Remediación del Pasivo

Ambiental Minero Excelsior, en Cerro de Pasco en el año 2023.

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach. Jazmin Yoselin JARA CARHUARICRA

Asesor:

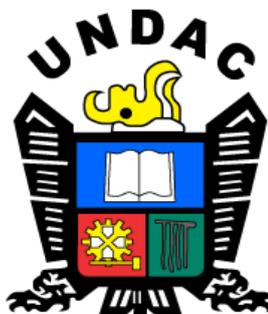
Mg. Edson Valery RAMOS PEÑALOZA

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

Identificación de Especies de Flora y Fauna en la Remediación del Pasivo

Ambiental Minero Excelsior, en Cerro de Pasco en el año 2023.

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS

PRESIDENTE

Mg. Rosario Marcela VÁSQUEZ GARCÍA

MIEMBRO

Mg. Josué Hermilio DÍAZ LAZO

MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 147-2024-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Identificación de Especies de Flora y Fauna en la Remediación del Pasivo Ambiental
Minero Excelsior, en Cerro de Pasco en el Año 2023**

Apellidos y nombres de los tesistas:

Bach. JARA CARHUARICRA, Jazmin Yoselin

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. RAMOS PEÑALOZA, Edson Valery

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

4 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 03 de julio del 2024



Firmado digitalmente por MEJIA
CACERES Reynaldo FAU
20154805046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 03.07.2024 14:15:42 -05:00

DEDICATORIA

Para *Antonia*, mi amada madre, símbolo de valentía y perseverancia. Eres mi constante fuente de inspiración, la razón por la que lucho incansablemente por alcanzar mis sueños más anhelados.

A *Yeremi*, mi querido hermano, mi compañero fiel en la travesía de la vida. Tu apoyo incondicional ha sido fundamental en la realización de mis metas.

A *Clemente*, mi apreciado abuelito, hombre de fe inquebrantable y fortaleza inigualable. Tus oraciones son mi sostén en los momentos de dificultad, iluminando mi sendero con esperanza y amor.

A *Elisa*, mi adorada mamita, aunque no estés físicamente presente, tu legado de amor y sabiduría sigue viviendo en mí. Tu luz sigue iluminando mi camino, recordándome siempre el poder del amor y la constancia.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más profundo agradecimiento a Dios por la inmensa sabiduría conferida. A mis respetados docentes, cuya dedicación y conocimiento han sido una guía invaluable en mi aprendizaje. A mi querida familia, cuyo soporte incondicional ha sido el pilar de mi motivación y perseverancia. A mis amigos, cuya compañía y ánimo han hecho de este viaje una experiencia inolvidable. Y a todas aquellas personas que han contribuido con su apoyo y aliento en mi trayectoria académica en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Su influencia ha dejado una marca indeleble en mi camino hacia el éxito.

Asimismo, deseo extender mi gratitud al Dr. Genaro Carrasco desde España, por su aliento constante y el respaldo continuo que me brindó, factores determinantes para alcanzar la culminación exitosa de este proceso académico.

RESUMEN

El área de remediación del Pasivo Ambiental Minero (PAM) Excélsior se ha convertido en un punto crucial para la conservación de la biodiversidad. En este estudio, se evaluó la relación entre la identificación de especies de flora y fauna y la remediación de este pasivo ambiental. Se recopilaron datos biológicos mediante observaciones directas, entrevistas no estructuradas y revisiones bibliográficas para el periodo 2018-2022. Se identificaron un total de 67 especies de flora, que se distribuyen en 3 clases, 14 órdenes y 20 familias, comprendidas en 52 géneros diferentes. Respecto a la fauna, se registraron 21 especies de ornitofauna, distribuidas en 1 clase taxonómica, 6 órdenes y 12 familias, con un total de 17 géneros. Además, se detectaron 7 especies de roedores, representando a la mastofauna, las cuales se distribuyen en 1 clase, 1 orden, 1 familia y 6 géneros diferentes. Finalmente, en relación con la herpetofauna, se registraron 2 especies distribuidas en 2 clases, 2 órdenes, 2 familias y 2 generos diferentes.

Estos resultados evidencian la efectividad de la remediación, contribuyendo a la recuperación de ecosistemas y proporcionando hábitat para especies en riesgo y endémicas. Además, se observa un incremento significativo en el número de individuos y especies en la zona de estudio, así como una mejora en los índices de diversidad en comparación con los años anteriores. La presencia de especies de anfibios también refleja una mejora en la calidad ambiental, indicando una recuperación satisfactoria de la zona impactada por los residuos mineros y un retorno de la vida a muchas especies de flora y fauna.

Palabras claves: flora, fauna, remediación, pasivo ambiental minero Excelsior, efectividad.

ABSTRACT

The Excelsior Mining Environmental Liability (PAM) remediation area has become a crucial point for the conservation of biodiversity. In this study, the relationship between the identification of flora and fauna species and the remediation of this environmental liability was evaluated. Biological data were collected through direct observations, unstructured interviews and literature reviews for the period 2018-2022. A total of 67 species of flora were identified, which are distributed in 3 classes, 14 orders and 20 families, included in 52 different genera. Regarding fauna, 21 species of ornithofauna were recorded, distributed in 1 taxonomic class, 6 orders and 12 families, with a total of 17 genera. In addition, 7 species of rodents were detected, representing the mammal fauna, which are distributed in 1 class, 1 order, 1 family and 6 different genera. Finally, in relation to the herpetofauna, 2 species distributed in 2 classes, 2 orders, 2 families and 2 different genera were recorded.

These results demonstrate the effectiveness of remediation, contributing to the recovery of ecosystems and providing habitat for at-risk and endemic species. In addition, a significant increase in the number of individuals and species in the study area is observed, as well as an improvement in diversity indices compared to previous years. The presence of amphibian species also reflects an improvement in environmental quality, indicating a satisfactory recovery of the area impacted by mining waste and a return of life to many species of flora and fauna.

Keywords: flora, fauna, remediation, Excelsior mining environmental liability, effectiveness.

INTRODUCCIÓN

La remediación de pasivos ambientales mineros es una tarea compleja que enfrenta desafíos sociales, geográficos, geológicos y climáticos específicos en cada localidad. Estas condiciones singulares ejercen una influencia significativa en la biodiversidad de cada sitio.

Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (UNDP), la preocupación por la pérdida o fragmentación de ecosistemas está en aumento, y se ve exacerbada por actividades extractivas como la minería y el petróleo. Además, los pasivos ambientales mineros (PAM) representan un interés significativo atribuible a su potencial para incrementar su impacto si no son adecuadamente remediados. Esto se debe a la influencia de los procesos naturales del entorno y su interacción con factores externos. A su vez, resulta desafiante cuantificar su impacto debido a que afecta a bienes no intercambiables en el mercado y las entidades responsables de ellos no asumen la responsabilidad de su remediación, trasladando los costos a la sociedad y al ecosistema circundante.

Ante esta problemática de los PAM y la urgente necesidad de restaurar áreas degradadas en el territorio peruano, la responsabilidad de la remediación recae en Activos Mineros S.A.C. (AMSAC). Esta entidad, especializada en la gestión de pasivos ambientales, se encarga de llevar a cabo proyectos que abarcan antiguas unidades mineras abandonadas, en 11 departamentos del país.

La identificación y seguimiento de pasivos ambientales mineros es una actividad continua que implica la actualización periódica del inventario correspondiente. En este contexto, el 19 de diciembre de 2023, mediante la R.M. N° 510-2023-MINEM/DM, se aprobó la actualización del Inventario de Pasivos Ambientales Mineros, previamente establecido mediante la Resolución Ministerial N° 290-2006-MEM/DM y sus posteriores

modificadorias. Esta última actualización ha identificado un total de 6,129 pasivos ambientales mineros, entre los cuales se encuentra el depósito de desmontes Excelsior, en la orden N° 2,884 de la lista de inventario.

El Pasivo Ambiental Minero Excelsior, anteriormente conocido como la unidad minera Desmontera Excélsior, está compuesto por residuos mineros del tipo desmonte de mina y se encuentra ubicado en la cuenca del Mantaro, en el Distrito de Simón Bolívar, Provincia y Departamento de Pasco. Inicialmente las empresas como Administradora Cerro S.A.C., Empresa Minera del Centro del Perú S.A., Empresa Minera Paragsha S.A., Empresa Minera Paragsha S.A.C. y Volcán Compañía Minera S.A.A. eran las titulares del sitio. Sin embargo, al no hacerse responsable de su remediación, la responsabilidad pasó al estado para restaurar la zona. Por consiguiente, por encargo del Ministerio de Energía y Minas, Activos Mineros es la entidad responsable de la supervisión y seguimiento del Proyecto Plan de Cierre del Depósito de Desmontes Excelsior – Cerro de Pasco.

La remediación de este pasivo ambiental minero comenzó a fines de 2017, continuando las labores en 2018 y alcanzando un avance del 35 % para finales de ese año, según lo indicado por la curva S de la valorización de la entidad ejecutora del proyecto. En 2019, el avance alcanzó el 48.53 %, mientras que en 2020 se logró un progreso del 85.51%. En 2021, se registró un avance del 87.80 %.

Hasta el cierre del 2022, el avance físico de la ejecución del proyecto fue del 89.28 %. Este proyecto se divide en tres sectores, siendo el Sector 1, ubicado frente al Asentamiento Humano de Champamarca, el cual ha logrado revegetar completamente su talud para ese año. Los sectores 3 y 2 también han registrado avances significativos en la impermeabilización y la cobertura con geosintéticos y piedra chancada. A pesar de los significativos avances en el proceso de remediación en la zona del proyecto, aún no se

han llevado a cabo estudios para evaluar su influencia en la biodiversidad local y su importancia como hábitat para albergar especies de flora y fauna. Actualmente, se carece de un parámetro estandarizado para medir la efectividad de estas actividades de remediación. Por ende, el objetivo principal de esta investigación fue evaluar la relación entre la identificación de especies de flora y fauna y la remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior, en Cerro de Pasco durante el año 2023.

La importancia de este estudio radica en la ausencia de datos sobre la diversidad biológica de flora y fauna en pasivos ambientales mineros, especialmente en Excélsior. La identificación de estas especies en calidad de indicadores clave, son prioritarias para ajustar las actividades de remediación en caso de que no cumplan con los objetivos establecidos durante la fase de planificación. Además, la identificación de especies bajo categorías de conservación según normativas nacionales e internacionales es fundamental, ya que el mundo se esfuerza por detener la caída de la biodiversidad y encaminar a la naturaleza hacia la recuperación en los años futuros.

La base de datos biológicos generados en esta investigación ofrece una ventana al estado de la naturaleza y una herramienta para rastrear la recuperación o la disminución de la biodiversidad con el paso del tiempo. Sin esta lista de especies de flora y fauna, el trabajo para detener la disminución de la biodiversidad serían poco más que conjeturas. Además, la presencia de estas especies puede desafiar cualquier paradigma que busque volver a explotar la zona remediada, abogando por su conservación como hábitat para diferentes tipos de especies, especialmente para aquellas en peligro de extinción y endémicas. También se busca la reclasificación de la cobertura, cambiándola de Centro Minero a Pajonal Andino.

Asimismo, este estudio proporciona datos detallados sobre la composición, abundancia, riqueza y diversidad de especies de flora y fauna (ornitofauna, mastofauna

y herpetofauna) registradas en el área de estudio. En total, se identificaron 67 spp. de flora, 21 spp. de aves, 7 spp. de mamíferos y 2 spp. de herpetofauna. Estos hallazgos contribuyen a comprender mejor la biodiversidad en el área de remediación y su papel en la recuperación de los ecosistemas afectados por la actividad minera.

En conclusión, se ha determinado una correlación significativa entre la identificación de especies de fauna y la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior, mientras que no se ha observado tal correlación con la identificación de especies de flora. Sin embargo, se ha registrado un marcado incremento en la riqueza, abundancia y diversidad biológica de especies de flora a lo largo del tiempo. Asimismo, se ha constatado una correlación temporal entre la flora y fauna, donde la presencia de flora ejerce influencia en la fauna.

La estructura de la investigación, titulada "Identificación de Especies de Flora y Fauna en la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior, en Cerro de Pasco en el Año 2023", se divide en cuatro capítulos:

- CAPITULO I: Problema de investigación;
- CAPITULO II: Marco teórico;
- CAPITULO III: Metodología y técnicas de investigación;
- CAPITULO IV: Resultados y discusión.

Finalmente, se incluyen las conclusiones derivadas del estudio, las recomendaciones pertinentes, las referencias bibliográficas utilizadas y los anexos relevantes.

La Autora.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	4
1.3. Formulación del problema	5
1.3.1. Problema general	5
1.3.2. Problemas específicos	5
1.4. Formulación de Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo General	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Justificación de la investigación	6
1.5.1. Justificación Teórica.....	6
1.5.2. Justificación Práctica	7
1.6. Limitaciones de la investigación	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio	9
2.1.1. Antecedente Nacional.....	9

2.1.2. Antecedente Internacional	13
2.2. Bases teóricas - científicas	14
2.3. Definición de términos básicos.....	81
2.4. Formulación de Hipótesis	84
2.4.1. Hipótesis General	84
2.4.2. Hipótesis Específicas.....	84
2.5. Identificación de Variables	84
2.5.1. Variable independiente.....	84
2.5.2. Variables dependientes.....	84
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores	85

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	86
3.2. Nivel de investigación	86
3.3. Métodos de investigación	87
3.4. Diseño de investigación.....	87
3.5. Población y muestra.....	89
3.5.1. Población	89
3.5.2. Muestra	89
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	91
3.6.1. Técnicas.....	91
3.6.2. Instrumentos 	91
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	91
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	91
3.9. Tratamiento Estadístico	91

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.....	92
--	----

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	93
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	113
4.2.1. Zonas de vida.....	113
4.2.2. Cobertura vegetal	114
4.2.3. Flora.....	116
4.2.4. Ornitofauna.....	163
4.2.5. Mastofauna	200
4.2.6. Herpetofauna	220
4.3. Prueba de Hipótesis	230
4.4. Discusión de resultados	235

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1: Sufijos empleados en el Sistema de Clasificación Taxonómica	32
CUADRO N° 2: Clasificación taxonómica de la flora.....	35
CUADRO N° 3: Clasificación taxonómica de la fauna	36
CUADRO N° 4: Clasificación de la cobertura vegetal en el Perú.....	37
CUADRO N° 5: Otras categorías de coberturas	46
CUADRO N° 6: Tamaño mínimo de la sub unidad muestral para el sotobosque.....	52
CUADRO N° 7: Tamaño mínimo de la sub unidad muestral para matorrales y herbazales	52
CUADRO N° 8: Distintos cebos para atraer pequeños mamíferos terrestres	59
CUADRO N° 9: Metodología para evaluación herpetológica en Pajonal andino.....	65
CUADRO N° 10: Coordenadas referenciales de la Desmontera Excélsior	76
CUADRO N° 11: Operacional de variables e indicadores.....	85
CUADRO N° 12: Determinación de los Puntos de Monitoreo Biológico en el Área de estudio	90
CUADRO N° 13: Parámetros para evaluación de flora, ornitofauna, mastofauna y herpetofauna.	98
CUADRO N° 14: Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo biológico.....	99
CUADRO N° 15: Esfuerzo de muestreo para flora.....	101
CUADRO N° 16: Esfuerzo de muestreo para el componente Avifauna.....	102
CUADRO N° 17: Esfuerzo de muestreo para el componente Herpetofauna	103
CUADRO N° 18: Esfuerzo de muestreo para Mamíferos menores	105
CUADRO N° 19: Criterio de categorización de abundancia de especies de flora.....	108
CUADRO N° 20: Rango de niveles de diversidad para el índice de Shannon	109
CUADRO N° 21: Rango de niveles de diversidad para el índice de Simpson	109

CUADRO N° 22: Rango de niveles de diversidad para el índice de Margalef.....	110
CUADRO N° 23: Rango de semejanza de Jaccard	111
CUADRO N° 24: Composición taxonómica de especies de flora registradas en la zona de estudio (2018 – 2022)	116
CUADRO N° 25: Riqueza florística en el área de estudio (2018 – 2022)	121
CUADRO N° 26: Riqueza y abundancia de especies de flora en el año 2018.....	121
CUADRO N° 27: Riqueza y abundancia de especies de flora en el año 2019.....	123
CUADRO N° 28: Riqueza y abundancia de especies de flora en el año 2020.....	125
CUADRO N° 29: Riqueza y abundancia de especies de flora en el año 2021.....	127
CUADRO N° 30: Riqueza y abundancia de especies de flora en el año 2022.....	130
CUADRO N° 31: Resumen del parámetro de abundancia de especies (2018 – 2022)	133
CUADRO N° 32: Índice de diversidad de Shannon.....	150
CUADRO N° 33: Índice de diversidad de Simpson.....	151
CUADRO N° 34: Índice de diversidad de Margalef.....	152
CUADRO N° 35: Índice de diversidad de Pielou	153
CUADRO N° 36: Índice de diversidad de Jaccard.....	154
CUADRO N° 37: Especies de Flora Categorizadas por su Estado de Conservación a Nivel Nacional e Internacional.....	155
CUADRO N° 38: Descripción de la especie <i>Senecio collinus</i>	161
CUADRO N° 39: Composición taxonómica de especies de aves registradas en la zona de estudio (2018 – 2022)	163
CUADRO N° 40: Riqueza de ornitofauna en el área de estudio (2018 – 2022)	165
CUADRO N° 41: Riqueza y abundancia de especies de ornitofauna en el año 2018.	165
CUADRO N° 42: Riqueza y abundancia de especies de ornitofauna en el año 2019.	167

CUADRO N° 43: Riqueza y abundancia de especies de ornitofauna en el año 2020.	168
CUADRO N° 44: Riqueza y abundancia de especies de ornitofauna en el año 2021.	170
CUADRO N° 45: Riqueza y abundancia de especies de ornitofauna en el año 2022.	172
CUADRO N° 46: Resumen del parámetro de abundancia de especies (2018 – 2022)	
.....	174
CUADRO N° 47: Índice de diversidad de Shannon.....	189
CUADRO N° 48: Índice de diversidad de Simpson.....	190
5. CUADRO N° 49: Índice de diversidad de Margalef.....	191
CUADRO N° 50: Índice de diversidad de Pielou	192
CUADRO N° 51: Índice de diversidad de Jaccard.....	194
CUADRO N° 52: Especies de aves Categorizadas por su Estado de Conservación a Nivel Nacional e Internacional.....	195
CUADRO N° 53: Composición taxonómica de especies de mamíferos registradas en la zona de estudio (2018 – 2022)	200
CUADRO N° 54: Riqueza de mastofauna en el área de estudio (2018 – 2022).....	201
CUADRO N° 55: Riqueza y abundancia de especies de Mastofauna en el año 2018	201
CUADRO N° 56: Riqueza y abundancia de especies de Mastofauna en el año 2019	202
CUADRO N° 57: Riqueza y abundancia de especies de Mastofauna en el año 2020	203
CUADRO N° 58: Riqueza y abundancia de especies de Mastofauna en el año 2021	204
CUADRO N° 59: Riqueza y abundancia de especies de Mastofauna en el año 2022	205
CUADRO N° 60: Resumen del parámetro de abundancia de especies (2018 – 2022)	
.....	206
CUADRO N° 61: Índice de diversidad de Shannon.....	210
CUADRO N° 62: Índice de diversidad de Simpson.....	211
CUADRO N° 63: Índice de diversidad de Margalef.....	212

CUADRO N° 64: Índice de diversidad de Pielou	213
CUADRO N° 65: Índice de diversidad de Jaccard.....	214
CUADRO N° 66: Especies de aves Categorizadas por su Estado de Conservación a Nivel Nacional e Internacional.....	215
CUADRO N° 67: Composición taxonómica de especies de herpetofauna registradas en la zona de estudio (2021 - 2022)	220
CUADRO N° 68: Riqueza de herpetofauna en el área de estudio (2018 – 2022).....	221
CUADRO N° 69: Riqueza y abundancia de especies de herpetofauna en el año 2021	221
CUADRO N° 70: Riqueza y abundancia de especies de herpetofauna en el año 2022	221
CUADRO N° 71: Resumen del parámetro de abundancia de especies (2018 – 2022)	222
CUADRO N° 72: Especies de herpetofauna Categorizadas por su Estado de Conservación a Nivel Nacional e Internacional.....	226
CUADRO N° 73: Abundancia de Especies IUCN Vs Especies de Flora y Fauna	230
CUADRO N° 74: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk	232
CUADRO N° 75: Medidas de ajuste del modelo	233
CUADRO N° 76: Valores de significado de r de Pearson	233
CUADRO N° 77: Coeficientes del modelo por número de especies totales.....	234

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO N° 1: Clasificación taxonómica de flora y fauna	29
GRÁFICO N° 2: Esquema de un diseño longitudinal de tendencia	88
GRÁFICO N° 3: Diseño de investigación	88
GRÁFICO N° 4: Criterios de clasificación de ecosistemas	94
GRÁFICO N° 5: Abundancia de flora por Orden Taxonómico por año	135
GRÁFICO N° 6: Abundancia de flora por Familia Taxonómica por año	137
GRÁFICO N° 7: Abundancia de flora por Genero Taxonómico por año	141
GRÁFICO N° 8: Abundancia de flora por especie por año	142
GRÁFICO N° 9: Especies de conservación del D.S. N° 043-2006-AG.....	156
GRÁFICO N° 10: Especies de categoría Preocupación Menor según en la Lista Roja de la IUCN	157
GRÁFICO N° 11: Especies endémicas del Perú	162
GRÁFICO N° 12: Abundancia de ornitofauna por Orden Taxonómico por año	177
GRÁFICO N° 13: Abundancia de ornitofauna por Familia Taxonómica por año	178
GRÁFICO N° 14: Abundancia de ornitofauna por Genero Taxonómico por año	182
GRÁFICO N° 15: Abundancia de ornitofauna por Especie por año	183
GRÁFICO N° 16: Dendrograma del índice de similitud de Jaccard	193
GRÁFICO N° 17: Especies de categoría Preocupación Menor según en la Lista Roja de la IUCN	196
GRÁFICO N° 18: Abundancia de mastofauna por Orden Taxonómico por año	207
GRÁFICO N° 19: Abundancia de mastofauna por familia taxonómica por año	207
GRÁFICO N° 20: Abundancia de mastofauna por Genero Taxonómico por año	208
GRÁFICO N° 21: Abundancia de mastofauna por especie por año.....	209

GRÁFICO N° 22: Especies de categoría Preocupación Menor según en la Lista Roja de la IUCN	216
GRÁFICO N° 23: Abundancia de herpetofauna por Orden Taxonómico por año.....	223
GRÁFICO N° 24: Abundancia de herpetofauna por familia taxonómica	224
GRÁFICO N° 25: Comparación de especies de flora y fauna entre los años 2018 y 2022	231
GRÁFICO N° 26: Región de aceptación y rechazo unilateral de cola derecha.....	233

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: Mapa de delimitación espacial de la investigación.....	4
FIGURA N° 2: Línea de tiempo de Pasivos Ambientales Mineros en el Perú.....	19
FIGURA N° 3: Pajonal andino (subtipo pajonal).....	42
FIGURA N° 4: Pajonal andino (subtipo césped de puna).....	43
FIGURA N° 5: Pajonal andino (subtipo tolar).....	45
FIGURA N° 6: Sistema de las zonas de vida de Holdridge.....	47
FIGURA N° 7: Mapa de zonas de vida del Perú.....	48
FIGURA N° 8: Depósito de Desmontes Excélsior (2018 – 2022).....	77
FIGURA N° 9: Distribución de los puntos de monitoreo biológico en el Área de Influencia de la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior.....	90
FIGURA N° 10: Ubicación cartográfica de los puntos de monitoreo.....	99
FIGURA N° 11: Metodología aplicada en la evaluación de flora	100
FIGURA N° 12: Metodología aplicada en la evaluación de Ornitofauna.....	101
FIGURA N° 13: Metodología aplicada en la evaluación de Herpetofauna	103
FIGURA N° 14: Metodología aplicada en la evaluación de mastofauna.....	104
FIGURA N° 15: Fotografías de la entrevista no estructurada realizada en la zona de estudio	105
FIGURA N° 16: Mapa de Zonas de Vida de la Remediación Ambiental del PAM Excélsior.....	114
FIGURA N° 17: Mapa de Cobertura Vegetal Pre Remediación Ambiental del PAM Excélsior.....	115
FIGURA N° 18: Mapa de Cobertura Vegetal Post Remediación Ambiental del PAM Excélsior.....	116
FIGURA N° 19: Dendrograma del índice de similitud de Jaccard	154

FIGURA N° 20: Mapa de distribución de flora con categoría de "Preocupación Menor" en el área de estudio según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN.	159
FIGURA N° 21: Mapa de distribución de ornitofauna con categoría de "Preocupación Menor" en el área de estudio según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN.	199
FIGURA N° 22: Dendrograma del índice de similitud de Jaccard	214
FIGURA N° 23: Mapa de distribución de mastofauna con categoría de "Preocupación Menor" en el área de estudio según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN.	218
FIGURA N° 24: Mapa de distribución de Especies Endémicas de Mamíferos en el Perú.	219
FIGURA N° 25: Mapa de distribución de herpetofauna con categoría de "Preocupación Menor" y "Casi Amenazada" en el área de estudio según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN.	228
FIGURA N° 26: Mapa de distribución de Especies Endémicas de herpetofauna en el Perú.....	229

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Cerro de Pasco, una región con una larga historia de actividad minera, enfrenta graves problemas de pasivos ambientales mineros que han dejado impactos negativos significativos en su entorno natural. A pesar de los esfuerzos previos de remediación ambiental, la efectividad de estas acciones en la recuperación de la biodiversidad local y la restauración de los ecosistemas aún no se ha evaluado de manera exhaustiva.

El depósito de desmontes Excélsior, es una acumulación de desechos mineros que se formó entre los años 1956 y 2000, abarcando aproximadamente 69 hectáreas y con un volumen de alrededor de 50 millones de toneladas métricas de material mineralógico. Resultado de las operaciones de las empresas mineras en el Tajo Abierto Raúl Rojas (CESEL, 2017).

Este depósito es un pasivo ambiental minero, cuya responsabilidad de remediación recae en Activos Mineros. Está ubicado a 4,266 metros sobre el nivel del mar, cerca de la ciudad de Cerro de Pasco, en el Distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco. Se encuentra aguas abajo de las operaciones

de la Empresa Administradora Cerro S.A.C., aguas arriba de la Relavera Quiulacocha y al sureste contiguo al Asentamiento Humano de Champamarca.

El depósito Excelsior se formó sobre la antigua laguna Quiulacocha y está conectado a un curso de agua que alimenta el río San Juan. Según CESEL (2017), el depósito de desmontes Excelsior presenta un alto potencial de generación de acidez. Este resultado se basa en la caracterización geoquímica realizada en cuatro muestras representativas del depósito, donde se encontró la presencia de sulfuros, principalmente pirita y pirrotita.

El origen del problema radica en la significativa presencia de pirita en los desmontes, que, al entrar en contacto con el oxígeno y el agua de las precipitaciones, genera agua ácida y lixivia metales. Además, debido al dinamismo del planeta y factores externos como el viento, los materiales contaminantes del depósito se dispersan, contaminando los componentes ambientales y alterando la biodiversidad biológica de la flora y fauna. En cuanto a los impactos en la flora y fauna del área del depósito de desmontes Excelsior, se han identificado los siguientes: en la flora, reducción en la diversidad de especies vegetales debido a la eliminación de la cobertura vegetal durante la acumulación de desmontes, la generación de aguas ácidas, la dispersión de contaminantes y las actividades de movimiento de tierra, lo que afecta negativamente el crecimiento y la supervivencia de las plantas en la zona. En cuanto a la fauna, se evidencia la perturbación en las especies locales y alteraciones en su hábitat, posiblemente relacionadas con la disminución de la cobertura vegetal y las actividades asociadas al depósito de desmontes. Esta perturbación impacta la disponibilidad de recursos y refugio para la fauna,

conllevando consecuencias adversas para su supervivencia y la diversidad de especies en el área afectada.

En este contexto, el depósito de desmontes Excelsior genera un impacto ambiental adverso, principalmente debido a su potencial para generar drenaje ácido y la presencia de materiales contaminantes que alteran los componentes del medio ambiente, la diversidad biológica y la salud pública. Por esta razón, a finales del año 2017, se inició la ejecución del Proyecto: PLAN DE CIERRE DEL DEPÓSITO DE DESMONTES EXCÉLSIOR con el objetivo de garantizar la estabilidad física, química e hidrológica del depósito de desmontes, mejorar el aspecto paisajístico y cerrar definitivamente el depósito para minimizar al máximo los impactos ambientales, protegiendo la salud, la seguridad pública y el medio ambiente en el área de influencia.

Sin embargo, hasta la fecha no se había realizado inventarios de la flora y fauna presentes en la zona del proyecto ni se había establecido una línea base de especies antes de la ejecución del mismo. Por lo tanto, se planteó la realización de esta investigación titulada "Identificación de Especies de Flora y Fauna en la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior, en Cerro de Pasco en el año 2023". El objetivo principal de esta investigación fue identificar la biodiversidad de flora y fauna presente en el área de estudio, con el propósito de utilizarla como indicadores para evaluar la efectividad de las medidas de remediación implementadas en el lugar. Asimismo, se buscó demostrar la transformación de la cobertura vegetal, pasando de un tipo de Centro minero a Pajonal andino en el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal, y resaltar la importancia de realizar estudios de inventariado de flora y fauna en los proyectos de remediación ambiental minera.

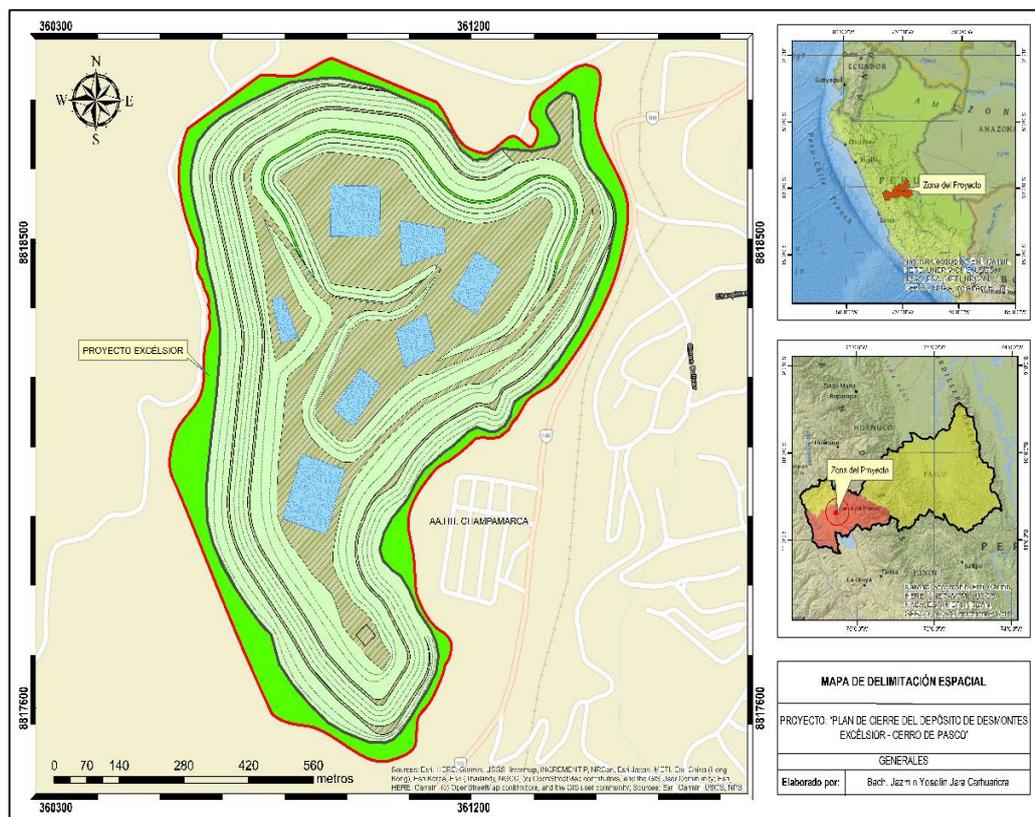
1.2. Delimitación de la investigación

El desarrollo de la investigación presenta las siguientes delimitaciones:

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se llevó a cabo en las áreas de influencia del proyecto "PLAN DE CIERRE DEL DEPÓSITO DE DESMONTES EXCÉLSIOR – CERRO DE PASCO", situado en la jurisdicción del distrito de Simón Bolívar, en la provincia y departamento de Pasco, en Perú.

FIGURA N° 1: Mapa de delimitación espacial de la investigación



Fuente: Elaboración Propia

1.2.2. Delimitación temporal

La investigación comprendió el análisis de datos obtenidos de los monitoreos biológicos de flora y fauna, así como de informes emitidos por las autoridades competentes encargadas de supervisar la ejecución de actividades de

remediación de pasivos ambientales mineros, durante el período comprendido entre 2018 y 2022.

1.2.3. Delimitación temática

Depósito de desmontes Excélsior, Remediación de Pasivos Ambientales Mineros, Flora y Fauna.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

- ¿Cuál es la relación entre la identificación de especies de flora y fauna y la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior, en Cerro de Pasco en el Año 2023?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las especies de fauna (ornitofauna, herpetofauna y mastofauna) que se encuentran en la zona de remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior, en Cerro de Pasco en el año 2023?
- ¿Cuáles son las especies de flora que se encuentran en la zona de remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior, en Cerro de Pasco en el año 2023?
- ¿Cuál es el grado de efectividad de la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior en Cerro de Pasco en el Año 2023, utilizando la flora y fauna existente como indicadores claves?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar la relación entre la identificación de especies de flora y fauna y la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior, en Cerro de Pasco en el Año 2023.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar las especies de fauna (ornitofauna, herpetofauna y mastofauna) que se encuentran en la zona de Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior, en Cerro de Pasco en el año 2023.
- Identificar las especies de flora que se encuentran en la zona de Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior, en Cerro de Pasco en el año 2023.
- Evaluar el grado de efectividad de la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior en Cerro de Pasco en el Año 2023, utilizando la flora y fauna existente como indicadores claves.

1.5. Justificación de la investigación

La justificación teórica y práctica de la investigación titulada " Identificación de Especies de Flora y Fauna en la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior, en Cerro de Pasco en el Año 2023" se fundamenta en varios aspectos cruciales, tales como:

1.5.1. Justificación Teórica

La investigación se fundamenta en la premisa de que las especies de flora y fauna pueden ser indicadores cruciales de la efectividad de las acciones de remediación de pasivos ambientales mineros, esta idea está respaldada por la literatura científica que sostiene que la biodiversidad es un indicador clave de la

salud de los ecosistemas y del éxito en la recuperación ambiental. Además, este estudio servirá como punto de partida para futuras investigaciones relacionadas con la restauración de ecosistemas afectados por pasivos ambientales mineros, al establecer una sólida base de conocimiento sobre la composición de especies presentes en la zona de estudio, proporcionando así una plataforma para mejorar las estrategias de remediación y restauración ecológica en estos entornos desafiantes.

1.5.2. Justificación Práctica

- Al identificar y comprender las especies de flora y fauna presentes, la investigación proporciona una base sólida para proponer soluciones específicas y adaptadas a las características del ecosistema en recuperación. Esto es esencial para abordar los problemas ambientales de manera eficiente y efectiva.
- La identificación de la composición de especies de flora y fauna en el área de remediación enriquecerá nuestra comprensión de la biodiversidad en un entorno post minero y tendrá un impacto directo y tangible en la gestión ambiental y la toma de decisiones. Este conocimiento contribuirá significativamente a la restauración y conservación efectiva de los ecosistemas afectados por la actividad minera.
- El conocimiento detallado de las especies de flora y fauna en el área de estudio brinda la capacidad de modificar el tipo de cobertura vegetal, pasando de una cobertura vegetal desnuda a una rica en diversidad. Esto asegura la conservación del área recuperada a largo

plazo y establece un estándar riguroso para proyectos futuros o reaprovechamiento del lugar.

- La investigación tiene el potencial de desempeñar un papel fundamental como pilar estratégico en proyectos futuros de remediación ambiental al proporcionar datos sustanciales sobre el proceso de colonización de especies en zonas previamente degradadas por la minería. Esta información es crucial para la planificación, la ejecución eficiente de iniciativas similares y priorización de los monitoreos de flora y fauna tanto en época seca como en época húmeda para obtener una comprensión completa de los cambios estacionales y sus efectos en la recuperación del ecosistema.

1.6. Limitaciones de la investigación

- Ausencia de un estudio de impacto ambiental previo que proporcione una línea base de especies de flora y fauna autóctonas en la zona de estudio, debido a la falta de legislación ambiental antes de la década de los 90.
- La continuación de actividades mineras en áreas contiguas al proyecto y la presencia del Pasivo Ambiental Minero (PAM) del relave Quiulacocha impiden una ampliación de la toma de datos mediante observación directa.
- Falta de desarrollo de guías metodológicas estandarizadas para el inventario de flora y fauna específicamente destinadas a zonas de remediación de pasivos ambientales mineros.
- Inaccesibilidad a repositorios de información debido a la ausencia de convenios entre la universidad y entidades especializadas para obtener datos relevantes.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

En el contexto de la presente investigación, se cuenta con tres (03) antecedentes a nivel nacional y dos (02) antecedentes a nivel internacional, los cuales se describen detalladamente a continuación:

2.1.1. Antecedente Nacional

Lázaro Armando (2021). Realizo una tesis titulada "Identificación de aves como indicador de la calidad ambiental del área de Conservación "Humedal Laguna el Oconal de Villa Rica, teniendo como referencia el Decreto Supremo N.º 004-2014-Minagri - 2019". El objetivo principal fue determinar la biodiversidad de aves y la aplicación de la información como un indicador de la calidad ambiental del área de estudio. La metodología empleada se basó en un muestreo aleatorio estratificado, donde los puntos de muestreo se ubicaron de manera aleatoria en la faja marginal y el espejo de agua. Se realizaron 14 puntos de conteo para cada estrato, obteniendo un registro total de 71 especies con 641 individuos, distribuidos en 20 órdenes y 38 familias. Este enfoque riguroso permitió obtener una visión detallada de la diversidad aviar en el área de

conservación, utilizando las aves como indicadores clave de la calidad ambiental. Los resultados obtenidos proporcionaron una valiosa contribución al entendimiento de la biodiversidad presente en el Humedal Laguna el Oconal de Villa Rica, respaldando la importancia de la conservación ambiental, conforme al marco normativo establecido por el Decreto Supremo N.º 004-2014-Minagri. Este estudio constituye un antecedente significativo para futuras investigaciones relacionadas con la evaluación de la calidad ambiental en entornos naturales.

(Apelo Christiam, 2022), en su tesis titulada “Evaluación de la cobertura vegetal para estimar la liberación de oxígeno a la atmosfera, en el proyecto de Plan de Cierre Excelsior, en el Distrito de Simón Bolívar Provincia y Región Pasco 2020”, llevó a cabo una investigación exhaustiva. Esta se centró en la evaluación de la cobertura vegetal para estimar la liberación de oxígeno a la atmósfera, utilizando como muestras unidades de superficie en metros cuadrados. La determinación de la edad de la planta y el área que ocupa sobre la cobertura fueron aspectos claves para calcular la cantidad de liberación de oxígeno. La metodología para obtener la cantidad de liberación de oxígeno a la atmósfera fue a través del análisis instrumental. Los resultados de la investigación indicaron que la cobertura vegetal obtenida después del encapsulamiento generó procesos fotosintéticos, alcanzando una tasa de liberación de oxígeno proporcional a 1, en relación con la captación de dióxido de carbono. Además, que, la fertilización y la siembra influyen en la salud del pastizal, resultando en una densidad superior a 100 plantas por metro cuadrado. Estos hallazgos explican que la tasa promedio de 6.449,6 kgO₂/ha supere a los 3.200 kgO₂/ha por año, en consecuencia, la liberación promedio en las 69 hectáreas sería de 509.5 toneladas de O₂ al año.

En el informe N° 00244-2020-OEFA/DEAM-STEAC, titulado "Evaluación ambiental de causalidad en el ámbito del pasivo ambiental minero depósito de desmontes Excelsior a cargo de activos mineros SAC en el 2020, distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco", se llevó a cabo un análisis detallado. El objetivo principal de este estudio, dirigido por Fajardo, Ancco y Fernández en 2020, fue examinar aspectos generales de la evaluación ambiental de causalidad en el ámbito del pasivo ambiental minero del depósito de desmontes Excelsior.

La investigación se centró en determinar la presunta contaminación del pasivo ambiental minero, específicamente en el agua, suelo, aire, tejidos vegetales y tejidos de mamíferos menores. Fajardo, Ancco & Fernández (2020). Realizaron el monitoreo del pasivo ambiental en:

- Metales totales y mercurio, prueba ABA, prueba de lixiviación (Shake Flask Extraction) de metales y aniones, y análisis mineralógico por difracción de rayos X (DRX), Análisis granulométrico.
- Tejidos vegetales (metales totales).
- Mamíferos menores (Metales totales, composición especies, riqueza de especies, abundancia, número de individuos).

Concluyendo que la relación geoquímica y mineralógica del material del PAM Excelsior, y su influencia en el aire, suelo, tejido vegetal y tejido en mamíferos menores a superado los LMP. En el caso de la calidad del suelo en las áreas de potencial interés API CHAMP (uso residencial), API SCHA (uso agrícola) y API CSEX (uso agrícola) fueron afectados por el PAM Excelsior en los APIS CHAMP y CSEX, y por residuos mineros en el API SCHA, basado en las concentraciones de arsénico y plomo, además de cadmio y mercurio en al

menos un punto que superaron los Estándares de calidad ambiental para suelo de uso agrícola y residencial 2017, los valores de nivel de fondo y referencia, cobre, talio y zinc de la *Canadian Soil Quality Guidelines for the Protection of Environmental and Human Health*, siendo el mecanismo de transporte arrastre por escorrentía y suspensión de polvo mineral en el aire. Se descarta el aporte natural de estos metales, debido a que las rocas metamórficas y depósito aluvial presentaron bajas concentraciones. Así mismo se determinó la absorción de metales de los suelos de las API hacia la especie *Calamagrostis vicunarum* (pastos altoandinos), debido a la exposición de esta especie a altas concentraciones de metales en forma soluble, sustentado en las concentraciones de arsénico, cadmio, mercurio y plomo en tallo y raíz que superaron referencialmente el contenido máximo de los metales establecidos en el Real Decreto 465/2003 (sobre las sustancias indeseables en la alimentación animal) de la norma española y a las concentraciones de metales en tejido vegetal de las áreas de nivel de fondo. Esta especie es tolerante a los metales mencionados acumulando principalmente en los tejidos de raíces. y finalmente en el API CSEX la especie *Auliscomys pictus* (ratón orejón pintado) presentó concentraciones mayores de aluminio, arsénico, cobre, cadmio, cromo, estaño, hierro, litio, magnesio, manganeso, plomo y silicio respecto a la zona de control, a excepción del zinc y cianuro que fueron ligeramente mayores en la zona control. Los metales encontrados en el tejido de la especie mencionada se deben a su dieta basada principalmente en vegetales que crecen en los suelos del API CSEX, los cuales están siendo influenciados por las altas concentraciones de metales encontradas en este suelo. Si bien los valores de cadmio y arsénico fueron bajas en el tejido de esta especie, el cadmio superó el valor reportado en los estudios; bajo estas

condiciones se advierte de un riesgo potencial ya que metales como el plomo, cadmio y arsénico son precursores de efectos tóxicos de gran impacto a través del tiempo, siendo almacenados en tejidos óseos, capilares y cutáneos, y serían parte de la bioacumulación a través de cadena trófica.

Este informe se presenta como un recurso valioso para comprender la situación ambiental del depósito de desmontes Excelsior.

2.1.2. Antecedente Internacional

(Aranibar et al., 2023), realizaron el estudio de “Remediación y activación de pasivos ambientales mineros en el Estado Plurinacional de Bolivia”, auspiciado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). El análisis se centró en los riesgos de contaminación asociados con los PAM, especialmente para la salud humana y el medio ambiente, debido a la presencia de sustancias tóxicas y metales pesados, generando drenajes ácidos y contaminación de aguas subterráneas y superficiales. Se estiman más de 1,188 PAM en Bolivia, con el 30% representando peligros significativos para las poblaciones circundantes, debido a la falta de estabilidad y mantenimiento. Los principales riesgos incluyen rupturas de diques de colas, emisiones de polvo fugitivo y afectaciones a la salud y biodiversidad. El estudio identificó y caracterizó más de 25 PAM en áreas protegidas, destacando la necesidad de atención inmediata.

(Guzmán & León, 2018) llevaron a cabo un estudio sobre la “Evaluación del estado actual de la flora y fauna en la Concesión Minera Conguime I, gestionada por la Compañía Exploken S.A. en el Cantón Paquisha, Provincia de Zamora Chinchipe”, en Ecuador. El objetivo primordial fue evaluar el estado actual de la flora y fauna en esta concesión minera. Para ello, se establecieron

cinco puntos de muestreo, dos de los cuales representan bosques secundarios, mientras que los tres restantes corresponden a áreas de cultivo y matorral. Como resultado, se identificaron un total de 13 especies de plantas vasculares, 42 especies de aves, 16 especies de mamíferos, 2 especies de mamíferos voladores, 12 especies de anfibios y reptiles, así como 36 especies de macrovertebrados. En conclusión, se observó que la vegetación en el proyecto minero presenta una distribución dispersa e irregular, caracterizada por la predominancia de vegetación delgada y escasez de árboles, lo que podría indicar la influencia de actividades antropogénicas en la zona. A pesar de detectarse cierto deterioro ambiental en el área de explotación minera Conguime I, persiste una notable diversidad de especies de flora y fauna, aunque es probable que algunas de sus poblaciones estén experimentando una disminución significativa.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Pasivo ambiental

El concepto de pasivo ambiental puede variar según diferentes autores y la legislación vigente en diversos países que regula los pasivos ambientales y sus procesos de remediación. En términos generales, se puede definir como una condición ambiental surgida en el pasado debido a acciones humanas y que ha experimentado un deterioro gradual con el tiempo, y que en la actualidad plantea una amenaza para los elementos del entorno natural y la calidad de vida de las personas (Better, 2020). Estos pasivos ambientales pueden afectar la calidad del agua, el suelo, el aire y los ecosistemas, provocando su degradación. Por lo general, han sido generados como resultado de las actividades humanas, ya sea debido a la falta de conocimiento, negligencia, acciones o accidentes a lo largo de la historia (Bambarén, 2019). En otros contextos, un pasivo ambiental se

considera como un sitio geográfico que ha sido contaminado de manera antropogénica, y que representa un riesgo tanto para la salud pública como para el medio ambiente. Estos sitios pueden contaminar diversos componentes físicos y pueden afectar a especies de flora y fauna silvestre cercana, así como a sus hábitats y ecosistemas.

Cuando la contaminación por un pasivo ambiental se produce en un ecosistema acuático en movimiento, como un río, es difícil definir sus límites geográficos, por lo que resulta más apropiado utilizar el término "situación" para conceptualizarlo (Bambarén, 2019).

Los pasivos ambientales pueden ser categorizados en función de su origen, el cual está directamente relacionado con las actividades humanas que los generan, tales como:

- Pasivos ambientales mineros - PAM
- Pasivos ambientales del sub sector hidrocarburos – PSAH
- Pasivos ambientales de la agricultura
- Pasivos ambientales de la pesca
- Pasivos ambientales de las industrias
- Pasivos ambientales de residuos sólidos

2.2.2. Pasivos Ambientales Mineros

Conforme a la definición establecida en el Artículo 2 de la Ley N° 28271, Ley que regula los pasivos ambientales originados por la actividad minera, publicada en el diario El Peruano el 2 de julio de 2004, se entienden como pasivos ambientales mineros a aquellas infraestructuras, desechos, emanaciones, residuos o acumulaciones de materiales residuales generados por actividades mineras que, en la actualidad, se encuentran en desuso o abandonados, y que tienen

repercusiones adversas en múltiples aspectos del entorno ambiental, con implicaciones para la salud humana y otros componentes bióticos y abióticos del ecosistema.

La complejidad de esta situación radica en que las entidades responsables de estos impactos no asumen la responsabilidad de remediarlos, transfiriéndolos los costos a la sociedad. Por ende, es necesario implementar medidas para la restauración de zonas degradadas por los PAM y exigir a las empresas o entidades de los proyectos ejecutados para que compensen o indemnicen los daños ocasionados. En el contexto de nuevos proyectos mineros, resulta esencial integrar en la evaluación económica, los costos asociados con los potenciales impactos ambientales emergentes (Sotomayor, 2015).

La evaluación de los pasivos ambientales mineros, en términos generales, abarca aspectos vinculados tanto a la valoración económica como a la responsabilidad jurídica. Es una tarea de gran complejidad determinar el impacto de una actividad contaminante en un contexto caracterizado por una alta incertidumbre. Esto se debe a que los daños ambientales afectan bienes que no tienen un valor directo en el mercado, lo que dificulta la cuantificación de los perjuicios en diversos niveles de la actividad humana. Esto incluye aspectos como la degradación del paisaje, la erosión del suelo, la disminución de la biodiversidad, la contaminación de los cuerpos de agua, las perturbaciones culturales y la pérdida de vidas humanas.

Los PAM, como responsables de los daños ambientales y sus efectos a lo largo del tiempo, no pueden evaluarse de manera sencilla debido a la compleja interacción que tienen con los ecosistemas. Por lo tanto, al evaluar los pasivos ambientales, es necesario considerar varios factores, que incluyen los costos

asociados a la reparación del daño ambiental, la valoración de la producción perdida (que representa la riqueza no generada debido a la contaminación) y una compensación por los daños irreversibles ocasionados a los elementos del entorno, incluyendo a la humanidad.

Cuando una empresa es responsable de la contaminación ambiental, tanto desde una perspectiva legal como económica, la obligación de mitigar y remediar las áreas afectadas recae claramente sobre ella. Esto implica que la empresa contaminante debe asumir los costos relacionados con la restauración de las áreas afectadas y, además, compensar a las víctimas de los daños irreversibles ocasionados. Sin embargo, en la realidad de los PAM, este hecho no se cumple. Ante esta problemática, se promulgó la Ley N° 28271, que regula los pasivos ambientales de la actividad minera. Esta Ley tiene como objetivo regular la identificación de los pasivos ambientales de la actividad minera, así como establecer la responsabilidad y el financiamiento para la remediación de las áreas afectadas por estos, con el fin de reducir y/o eliminar dichos pasivos.

En el territorio peruano, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) ha llevado a cabo una serie de estudios relacionados con los pasivos mineros a lo largo de los años. Estos esfuerzos comenzaron en el período 1995-2000 a través del Proyecto de Desarrollo Sostenible (PRODES). Uno de los componentes de PRODES fue el Estudio de Evaluación Ambiental Territorial (EVAT), que se centró en la identificación de minas abandonadas y en desuso. El diagnóstico de los pasivos mineros resultó en la identificación de dieciséis (16) cuencas hidrográficas que tenían antecedentes de actividades mineras, además de una (01) cuenca hidrocarburífera. También se realizó un inventario de cuatro (04) minas inactivas. Como complemento, se llevó a cabo un monitoreo adicional en diez

(10) cuencas con historial de actividades mineras. Dentro del marco de PRODES, se abordó el estudio del control de la contaminación ambiental de origen minero en la cuenca del río Mantaro. Esto incluye la elaboración de un inventario de minas abandonadas y la propuesta de un perfil para la remediación de doce (12) áreas abandonadas (Muqui, 2015).

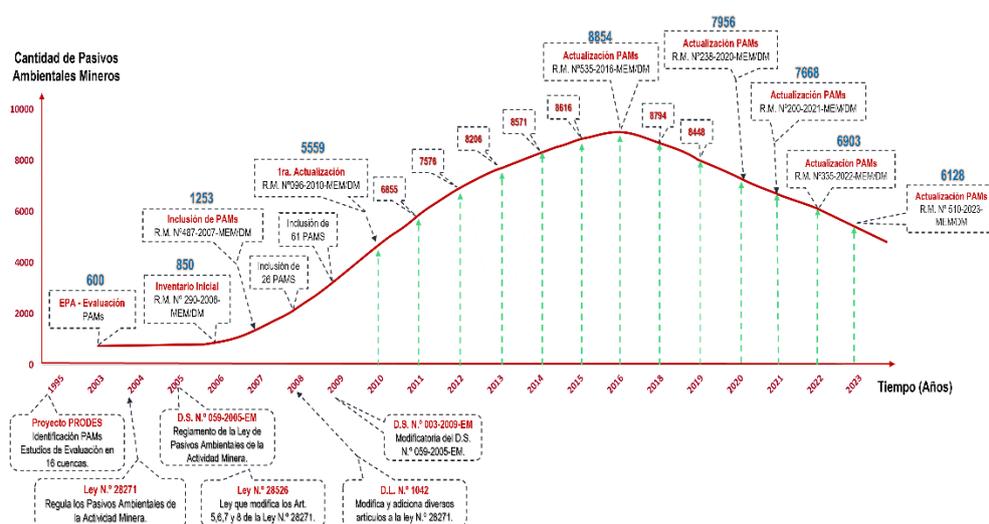
Posteriormente, en sustitución de los programas existentes, se implementó el Programa de Evaluación de Pasivos Ambientales (EPA). El objetivo principal de este programa fue realizar un diagnóstico de las áreas afectadas por pasivos históricos originados por actividades mineras y energéticas. En el año 2003, se logró identificar aproximadamente 611 pasivos mineros en todo el país, con un costo estimado de alrededor de 200 millones de dólares para su remediación (Sotomayor, 2015). Además, se llevó a cabo un estudio de ingeniería básica de 8 proyectos de remediación de pasivos en la cuenca del río Santa. Estos proyectos se seleccionaron considerando varios criterios, como el impacto en la salud humana y la calidad de vida de las poblaciones cercanas, el riesgo de posibles fallas catastróficas, el tamaño de la población y la infraestructura con bajo riesgo, el nivel de contaminación del suelo y del agua, así como el impacto en la flora, la fauna y los aspectos socioeconómicos (Sotomayor, 2015).

A partir del año 2004, con la promulgación de la Ley N° 28271, se impulsó de manera más intensa la identificación, el inventario y la evaluación de los PAM. Durante el período comprendido entre 2007 y 2010, se desarrollaron criterios estandarizados para priorizar las cuencas hidrográficas afectadas por estos pasivos. Además, se implementó el Sistema de Gestión de Pasivos Ambientales Mineros (SIGEPAM) y se elaboró un plan de manejo ambiental con

el propósito de actualizar la información sobre los pasivos ambientales mineros en el país.

Este esfuerzo condujo a la identificación de un total de 8,854 pasivos ambientales mineros en todo el territorio peruano para el año 2018, representando el punto más alto en cuanto al número de pasivos ambientales mineros identificados en el país (véase la Figura N° 2). Sin embargo, a partir de ese año, se ha observado una tendencia a la disminución en la cantidad de pasivos ambientales mineros identificados, debido a la ejecución de proyectos de remediación ambiental de Pasivos Ambientales Mineros liderados por AMSAC.

FIGURA N° 2: Línea de tiempo de Pasivos Ambientales Mineros en el Perú



Fuente: Ministerio de Energía y Minas

En el año 2022, según lo estipulado por la Resolución Ministerial N°335-2022-MEM/DM, se registró un total de 6,903 Pasivos Ambientales Mineros en el Perú. En el transcurso del año 2023, específicamente el 19 de diciembre en Lima, la Resolución Ministerial N° 510-2023-MINEM/DM aprobó la actualización del Inventario de Pasivos Ambientales Mineros, originalmente aprobado mediante la Resolución Ministerial N° 290-2006-MEM/DM y sus sucesivas actualizaciones,

evidenciando un registro actual de 6,128 pasivos ambientales mineros ubicados en los diversos departamentos del Perú (Ver la figura N° 02).

El Ministerio de Energía y Minas (MINEM) ha asumido varios compromisos con el objetivo de mejorar la eficiencia en la gestión de los pasivos ambientales. Uno de estos compromisos implicó la firma de convenios de colaboración con diversas instituciones, como el Fondo Nacional del Ambiente (FONAM).

2.2.3. Remediación Ambiental

La remediación ambiental abarca un conjunto de acciones y procesos destinados a restaurar, rehabilitar o recuperar áreas degradadas que han sido afectadas negativamente por actividades humanas, como la contaminación industrial, la minería, vertido de sustancias tóxicas, disposición inadecuada de desechos, entre otros. su objetivo principal es eliminar o reducir significativamente los contaminantes, restaurar las características del entorno y minimizar los riesgos para la salud humana y el ecosistema. Las técnicas y métodos empleadas pueden incluir remoción de suelos contaminados, revegetación de áreas degradadas, encapsulamiento de residuos peligrosos e implementación de barreras o sistemas de control para prevenir la expansión de la contaminación. Estas acciones pueden variar en complejidad y costo según la gravedad de la contaminación y las características del sitio afectado.

2.2.3.1. Remediación ambiental de PAM

La remediación de pasivos ambientales mineros se refiere al conjunto de acciones y procesos destinados a mitigar, restaurar o rehabilitar áreas afectadas por la actividad minera pasada, corrigiendo la contaminación y la degradación ambiental. En el Perú, Activos Mineros

S.A.C. (AMSAC) se destaca como la única empresa estatal bajo el Fondo Nacional de Financiamiento de la Actividad Empresarial del Estado (FONAPE), designada para llevar a cabo actividades de recuperación ambiental en áreas afectadas por pasivos ambientales mineros de alto y muy alto riesgo para la salud humana, seguridad y el medio ambiente. Delegada por el Estado Peruano a través del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), AMSAC opera en las once (11) regiones del país: Cajamarca, La Libertad, Áncash, Lima, Ica, Huancavelica, Pasco, Junín, Apurímac, Puno y Tacna. La entidad ejecuta un total de 65 proyectos, los cuales se encuentran en diversas etapas y niveles de avance en el proceso de remediación, según información proporcionada por AMSAC (2023).

La remediación de los PAM con financiamiento público está sujeta a la normativa establecida en el Reglamento de la Ley que regula los pasivos ambientales, aprobada mediante D.S. N° 059-2005-EM, así como a las directrices contempladas en la guía técnica para la elaboración de los planes de cierre de pasivos. De acuerdo con el reglamento de pasivos, el Estado asume la responsabilidad de llevar a cabo la remediación de las áreas que presentan PAM únicamente en los casos en los que no se identifican a los responsables o cuando no existen remediadores voluntarios dispuestos a encargarse de la tarea.

En situaciones excepcionales, el Estado puede proceder a remediar las áreas afectadas por PAM si una empresa de propiedad estatal es identificada como responsable y su participación en la financiación de la remediación corresponde a no menos de los dos tercios del costo total requerido para la misma (CEPAL, 2019).

Según AMSAC (2022), el proceso estatal de remediación de pasivos ambientales mineros generalmente abarca las siguientes etapas:

- **Estructuración o diagnóstico técnico - social:** Esta etapa comprende un estudio detallado para determinar la extensión y gravedad de la contaminación y los daños ambientales en el área afectada. Incluye la recopilación de datos, muestreo, análisis químicos y la identificación de contaminantes presentes. Inicialmente, los PAM son inventariados y priorizados por la Dirección General de Minería (DGM) del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) y luego son encomendados a AMSAC.
- **Estudios de ingeniería:** Basándose en los resultados de la evaluación, se elabora el Plan de Cierre de PAM, formulación y evaluación de perfil, así como la elaboración del expediente técnico que incluye estrategias y técnicas específicas para restaurar el área afectada.
- **Ejecución de obras:** Se llevan a cabo las acciones y medidas específicas definidas en los estudios de ingeniería. Esto puede implicar la construcción de infraestructuras, la remoción de materiales contaminados, la instalación de sistemas de tratamiento, la revegetación y otras actividades necesarias para restaurar el sitio.
- **Post Cierre y mantenimiento:** Se establece un programa de monitoreo a largo plazo para evaluar la efectividad de las medidas de remediación y garantizar que los estándares ambientales se cumplan con el tiempo. Esto incluye la toma de muestras y análisis para verificar la estabilidad física, química, hidrológica, así como la calidad de los componentes ambientales y biológicos.

La remediación comprende fundamentalmente, obras de estabilidad física, química e hidrológica con el objetivo fundamental de reducir la contaminación ambiental y con ello proteger la salud de los pobladores y ecología del entorno.

2.2.4. Flora

La flora se refiere al conjunto de especies de plantas que se encuentran en una región geográfica o en un ecosistema específico. Estas plantas pueden variar desde árboles y arbustos hasta hierbas, musgos, helechos y otras formas de vegetación. La flora es esencial en la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas y desempeña un papel fundamental en la vida en la Tierra. (Raven, Evert, & Eichhorn, 1991).

El Perú se destaca por su amplia diversidad de ecosistemas y especies de flora a nivel mundial, que incluyen una extensa variedad de geformas, tipos de suelos y climas. Entre sus destacados entornos se encuentran los vastos bosques amazónicos, que se extienden aproximadamente sobre 70 millones de hectáreas; los herbazales altoandinos, que cubren alrededor de 19 millones de hectáreas, y los matorrales andinos, que ocupan unos 9 millones de hectáreas (MINAM, 2013). La flora cumple varias funciones importantes en el medio ambiente, que incluyen:

- **Producción de oxígeno:** A través de la fotosíntesis, las plantas transforman la luz del sol en energía y producen oxígeno, vital para la respiración de diversos organismos, incluyendo los humanos.
- **Alimentación y refugio:** La flora ofrece alimento y refugio para una amplia gama de animales, desde herbívoros que se alimentan de las plantas hasta aves y mamíferos que encuentran cobijo en árboles y arbustos.

- **Ciclo de nutrientes:** Las plantas desempeñan un papel esencial en la absorción y reciclaje de nutrientes del suelo, mejorando su fertilidad y disponibilidad para otros organismos.
- **Estabilización del suelo:** Las raíces de las plantas cumplen una función primordial en la estabilización del suelo, mitigando así la erosión hídrica y eólica, lo cual resulta indispensable para preservar la integridad y fertilidad del suelo.
- **Influencia climática:** Las plantas ejercen influencia en el clima mediante la transpiración, liberando agua, y al modificar los patrones de temperatura y humedad en su entorno.
- **Tolerancia ambiental a la contaminación:** Diversas especies vegetales exhiben distintos niveles de resistencia a la contaminación en el suelo, agua y aire. Al analizar la vitalidad o declive de ciertas plantas en un contexto sometido a procesos de remediación, los investigadores obtienen datos valiosos sobre la eficacia de las intervenciones correctivas y la calidad ambiental general. Estas plantas actúan como bioindicadores, reflejando de manera concreta el estado del entorno y facilitando la evaluación de la efectividad de las medidas implementadas.

2.2.5. Fauna

La fauna se refiere al conjunto de especies de animales que habitan en una región geográfica o en un ecosistema específico. Según (Gonzales, 2011), la fauna silvestre comprende aquellos animales que viven en libertad sin intervención humana directa para satisfacer sus necesidades, incluyendo una amplia diversidad de organismos como mamíferos, aves, reptiles, anfibios, peces, insectos y otros invertebrados. La fauna puede ser terrestre, acuática o aérea, y su

composición puede variar según la ubicación geográfica y las condiciones ambientales. (Hickman et al., 2011).

La fauna desempeña un papel fundamental en los ecosistemas al interactuar con la flora y otros componentes ambientales. Además, cumple diversas funciones ecológicas, como la polinización, la dispersión de semillas, el control de poblaciones de presas y la regulación de ciclos biogeoquímicos.

La conservación de la fauna es esencial para mantener la biodiversidad y la salud de los ecosistemas, ya que numerosas especies de animales desempeñan roles fundamentales en el equilibrio y la estabilidad de sus hábitats. La pérdida de la biodiversidad y la extinción de especies son preocupaciones destacadas, principalmente debido a actividades antropogénicas como la deforestación, la caza furtiva, la contaminación y el cambio climático.

2.2.5.1.Ornitofauna

La ornitofauna se define como el conjunto de aves que habitan en una área geográfica específica o hábitat determinado. La palabra se compone de "ornito", relacionada con aves, y "fauna", que engloba a todos los animales en una región dada. La ornitofauna abarca la diversidad de especies de aves, sus patrones de comportamiento, distribución geográfica y otros aspectos vinculados a su biología.

Las aves, una categoría de animales vertebrados de sangre caliente, muestran cuerpos envueltos en plumas de diversos colores, y gracias a la ligereza de sus huesos, en la mayoría de los casos, pueden volar, planear o mantenerse en el aire. Tienen picos queratinizados desprovistos de dentadura, adaptados a los diversos biomas que habitan, desde los más pequeños como los colibríes hasta los más grandes como el

cóndor andino o el avestruz. No todas las aves vuelan; algunas nadan, planean, saltan o corren velozmente.

Desde la perspectiva de la alimentación, las aves, debido a su habilidad para el vuelo, tienen acceso a fuentes de alimento que están fuera del alcance de numerosos otros organismos. No obstante, la alimentación de las aves es diversa y está determinada por las particularidades de cada especie. Existen aves rapaces que cazan presas, aves acuáticas que se alimentan de peces o invertebrados acuáticos, aves insectívoras, omnívoras, carroñeras, y aves que se alimentan de vegetales, como las frugívoras y granívoras (Lazaro, 2021).

Las aves desempeñan un papel crucial como indicadores de la calidad ambiental, ya que muestran diversos niveles de sensibilidad frente a perturbaciones, como la fragmentación del hábitat, las alteraciones estructurales del sotobosque y los procesos de degradación o recuperación de hábitats (Thiollay, 1997).

2.2.5.2.Mastofauna

La mastofauna se define como el conjunto de mamíferos presentes en una región geográfica o hábitat específico. El término de mastofauna proviene de la combinación de "masto", relacionado con los mamíferos, y "fauna", que engloba a todos los animales en un área determinada. Los mamíferos, se caracterizan por poseer glándulas mamarias que les permiten amamantar a sus crías, abarcan una amplia gama de tamaños y adaptaciones, desde diminutos murciélagos hasta imponentes elefantes y ballenas. Al igual que la ornitofauna, la mastofauna desempeña un papel crucial en la ecología y la salud de los ecosistemas, y su conservación es

esencial para preservar la biodiversidad y el equilibrio de la vida en la Tierra (Nowak & Wilson, 1999).

Los mamíferos se destacan como vertebrados de amplia distribución global debido a su notable adaptabilidad a diversos entornos geográficos. A nivel mundial, se enfrentan a amenazas directas por actividades humanas, como la caza y la destrucción de sus hábitats (MINAM,2015). Las características geológicas, fisiográficas y climáticas específicas de país contribuyen a su excepcional diversidad de mamíferos, superando posiblemente las 508 especies identificadas hasta ahora y situándolas entre los cinco países más diversos del mundo en este grupo (Pacheco et al., 2009). No obstante, la evolución continua de la taxonomía, el descubrimiento de nuevas especies y los informes actualizados de distribución resaltan la necesidad de mantener bases de datos actualizadas que documenten la diversidad, abundancia y distribución de mamíferos en el país (Jiménez et al., 2013). Aunque los inventarios de mamíferos en Perú se han centrado principalmente en la investigación científica, la expansión de proyectos de inversión durante los últimos diez años ha motivado la ejecución de inventarios destinados a las evaluaciones de los aspectos e impactos ambientales. La diversidad significativa, la existencia de especies endémicas y el notable riesgo de extinción que enfrentan varios mamíferos subrayan la importancia de realizar evaluaciones detalladas en este ámbito.

2.2.5.3. Herpetofauna

La herpetofauna se refiere al conjunto de animales que comprende a los anfibios y reptiles presentes en una región geográfica o hábitat

específico. La palabra herpetofauna proviene de la combinación de "herpeto", referente con reptiles y anfibios, y "fauna", que engloba a todos los animales en un área determinada. Esta taxa abarca la diversidad de especies de anfibios (como ranas, sapos, salamandras) y reptiles (como serpientes, lagartos, tortugas) y se centra en estudiar sus características biológicas, comportamiento, distribución geográfica y roles ecológicos en los ecosistemas. La herpetofauna juega un papel importante en la ecología y la biodiversidad, y su estudio es esencial para comprender y conservar este grupo de vertebrados (Speybroeck et al.,2021).

Estos organismos están presentes en diversos hábitats naturales de regiones tropicales y subtropicales a nivel global. Algunas de sus especies reconocidas como indicadores ofrecen señales sobre la salud ecológica o la sensibilidad a posibles cambios ambientales resultantes de actividades humanas. Por consiguiente, es fundamental recopilar información sobre la composición, abundancia y diversidad de estas comunidades antes de emprender acciones significativas en un área específica. Los datos recabados antes de la interferencia humana proporcionan valores de referencia que permiten evaluar los impactos de las actividades, lo que facilita una gestión más eficaz (Catenazzi et al.,2013).

2.2.6. Sistema de clasificación taxonómica

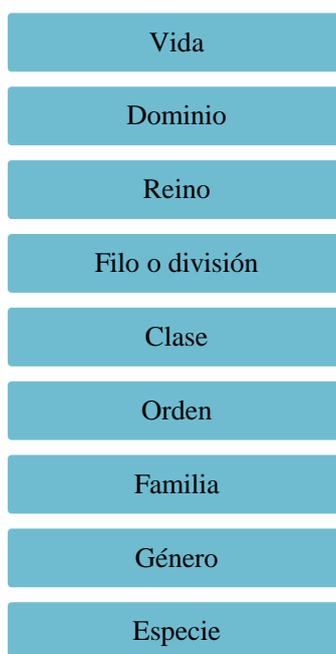
A lo largo de la historia de la biología, se ha desarrollado la clasificación de los seres vivos con el objetivo fundamental de comprender y organizar la asombrosa diversidad de la vida en la Tierra.

En el ámbito de la flora, la clasificación taxonómica sigue las directrices del Código Internacional de Nomenclatura Botánica (ICBN). Este enfoque

establece un esquema jerárquico de categorías utilizado para organizar y clasificar las plantas en grupos cada vez más específicos. El propósito subyacente es facilitar el estudio, identificación y comunicación efectiva acerca de la diversidad vegetal (Troiani et al., 2017).

Los taxones principales, en orden ascendente son: la especie, el género, la familia, el orden, la clase, la división o filo y reino (Cardozo et al., 2006). Así cada especie es asignable a un género, cada género una familia, etc. (Greuter & Rankin R., 2018). Este sistema taxonómico no solo se limita a las plantas, sino que abarca todo el reino biológico (Ver Gráfico N° 1).

GRÁFICO N° 1: *Clasificación taxonómica de flora y fauna*



Fuente: Elaboración propia

En el caso de la fauna, se sigue un proceso análogo al de la clasificación taxonómica de la flora. Este proceso implica la agrupación de los seres vivos en categorías jerárquicas con el propósito de comprender y organizar de manera sistemática la diversidad animal (véase el Gráfico N° 1). Para llevar a cabo esta tarea, se recurre al Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (ICZN), el cual establece un conjunto de reglas universalmente aceptadas por la comunidad

zoológica (Alavarado, 1962). Dichas reglas tienen como objetivo orientar la correcta aplicación y tratamiento de los nombres que identifican a los organismos animales (Papavero, 1994).

En el sistema de clasificación moderno, se reconocen tres linajes principales de la vida en nuestro planeta, denominados Dominios, como se propuso inicialmente en el trabajo de (Woese et al.,1990). Estos Dominios representan las categorías más amplias y fundamentales en la clasificación de los seres vivos y engloban a todas las formas de vidas conocidas. Los tres Dominios son los siguientes:

- **Dominio Bacteria (Bacteria):** Este Dominio incluye microorganismos unicelulares procariotas que carecen de núcleo definido y organelos membranosos. Son extremadamente diversas y se encuentran en una variedad de hábitats, desde terrestres hasta extremos. Las bacterias desempeñan roles vitales en los ciclos biogeoquímicos y pueden ser tanto beneficiosas como patógenas para los seres vivos.
- **Dominio Archaea (Arqueas):** En el Dominio Archaea se encuentran los microorganismos llamados arqueas, que también son procariotas, pero con diferencias bioquímicas y genéticas respecto a las bacterias. Se adaptan a entornos extremos como aguas termales o ambientes salinos, las arqueas desempeñan roles clave en la ecología de esos lugares. Algunas también se encuentran en hábitats comunes y son importantes en la descomposición de materia orgánica y la producción de metano.
- **Dominio Eukarya (Eucariontes):** El Dominio Eukarya incluye a todos los seres vivos eucariotas, caracterizados por tener células con núcleo definido y organelos membranosos con mitocondrias y retículo endoplasmático. Este

dominio incluye una amplia diversidad de formas de vida multicelulares como plantas, animales y hongos, así como una amplia variedad de microorganismos unicelulares como protozoos, algas y levaduras. Los eucariotas representan una gran parte de la biodiversidad en la Tierra.

La clasificación de los seres vivos en Reinos es un componente esencial de la taxonomía biológica y ha evolucionado significativa a lo largo del tiempo con los avances en biología molecular y sistemática. Inicialmente propuesto por Whittaker en 1969, se emplearon cinco reinos, pero con los progresos en genética molecular, se ha propuesto una revisión de esta clasificación, conduciendo a la subdivisión del antiguo Reino Monera en dos nuevos Reinos: Bacteria y Archaea. Por lo tanto, la clasificación actualizada consta ahora de seis reinos principales (Woese & Fox, 1977).

Estos son los siguientes:

- **Reino Monera:** La clasificación convencional categorizaba a los organismos unicelulares procariotas dentro del Reino Monera, que comprendía tanto a las bacterias como a las arqueas. No obstante, posteriormente este reino fue subdividido en dos categorías distintas: el Reino Bacteria y el Reino Archaea.
- **Reino Protista:** Este Reino incluye diversos organismos unicelulares eucariotas, que pueden ser autótrofos o heterótrofos, como protozoos, algas unicelulares y otros microorganismos eucariotas unicelulares.
- **Reino Fungi:** El Reino Fungi agrupa a los hongos, que son organismos eucariotas heterótrofos y descomponedores. Los hongos desempeñan un papel fundamental en la descomposición de materia orgánica y presentan una amplia diversidad morfológica y dimensional.

- **Reino Plantae:** Este reino abarca plantas multicelulares, eucariotas y fotosintéticas. Son autótrofas y juegan un papel esencial en la producción de oxígeno y la captura de energía solar.
- **Reino Animalia:** El Reino Animalia agrupa a los animales multicelulares eucariotas, que son heterótrofos y se caracterizan por su movilidad y capacidad de respuesta a estímulos ambientales. Los animales son altamente diversos en términos de forma, función y comportamiento.

La nomenclatura biológica utiliza sufijos para indicar la categoría taxonómica de un organismo, proporcionando detalles sobre su nivel jerárquico en la clasificación biológica.

A continuación, se presenta un cuadro que lista los sufijos comúnmente utilizados para cada uno de los distintos taxones y Reinos.

CUADRO N° 1: Sufijos empleados en el Sistema de Clasificación Taxonómica

Taxón	Reino				
	Monera	Protista	Plantae	Fungí	Animalia
División/ Filo	-phyta				
Clase		-phyceae	-opsida	-mycetes	
Orden	-ales				
Familia		-aceae o áceas			-idae
Género	-us, -a, -um, -is, -os, -ina, -ium, -ides, -ella, -ula, -aster, -cola, -ensis, -oides, -opsis, -				
Especie	Varias terminaciones				

Fuente: (Ramirez, 2007)

División

El término división se aplica en la clasificación taxonómica de hongos y plantas, mientras que el vocablo filo se utiliza para animales y protistas. Es

relevante destacar que existe una recomendación general de que los términos específicos para cada división o filo deberían finalizar con la terminación *phyta*.

En 1966, la revista *Taxon* documentó sobre la inestabilidad y confusión en las categorías taxonómicas superiores, especialmente divisiones y clases, según especialistas en botánica. Diversos sistemas propuestos por Rickett y Camp (1950) y Zabinkova (1960) modificaron la posición de ámbitos taxonómicos y su relación con otros. Para abordar esto, se formuló un esquema simple basado en criterios filogenéticos, que resultó en ocho divisiones: Rhyniophyta, Bryophyta, Psilotophyta, Lycopodiophyta, Equisetophyta, Polypodiophyta, Pinophyta y Magnoliophyta. (Marzocca, 1985)

Clase

La categoría taxonómica entre filo o división y orden se conoce como clase. En animales y bacterias, no hay obligación específica para el sufijo de los nombres de las clases. No obstante, en el reino vegetal, especialmente en la clasificación de las plantas, hay una convención consistente en que los nombres de las clases deben incluir el sufijo "-opsida". Por ejemplo, la clase Magnoliophyta engloba a las angiospermas, donde Magnoliopsida representa la clase de dicotiledóneas, y Liliopsida comprende a las monocotiledóneas.

Orden

Se estructuran en base a similitudes más específicas en su anatomía o función, donde cada orden reúne varias familias botánicas altamente afines entre sí. En la clasificación taxonómica de bacterias, hongos, algas y plantas, es fundamental que el nombre de una orden sea compuesto utilizando la raíz en genitivo del nombre del género tipo, seguido del sufijo "-ales". Por ejemplo, el

orden Pinales se deriva del género tipo *Pinus*, donde se emplea la raíz en genitivo de "Pinus" seguida del sufijo "-ales".

Familia

Cada familia se define como un grupo de géneros que comparten similitudes en cuanto a sus características morfológicas y fisiológicas (Troiani O et al., 2017).

La familia botánica se compone de un radical y una desinencia, y se forma mediante la adición del sufijo "-aceae" al nombre de un género incluido en ella. Por ejemplo, la familia Asteraceae se forma añadiendo el sufijo "-aceae" al nombre de un género incluido en esta familia. Sin embargo, existen familias que hacen excepción a esta regla, como en los casos de las Gramíneas, que se denomina Poaceae, y las Leguminosas, que se llaman Fabaceae. Estas excepciones subrayan la diversidad y complejidad de la clasificación taxonómica, proporcionando una nomenclatura específica que refleja las relaciones evolutivas y características distintivas de cada familia botánica.

Género

Los géneros representan conjuntos de especies estrechamente relacionadas que comparten características similares. Cada género puede contener una o varias especies botánicas.

La denominación de un género es bastante flexible, permitiendo la adopción de cualquier nombre o estructura arbitraria. Se designa con un nombre uninominal escrito en mayúscula, como ejemplos destacamos *Trifolium* o *Lobivia*. En la definición de un género, se toman en consideración una amplia variedad de características, abarcando desde aspectos morfológicos hasta características genéticas. Este enfoque multidimensional permite una

clasificación más precisa y abarcadora de las relaciones evolutivas entre las especies agrupadas en un mismo género.

Especie

La especie, como unidad fundamental en la jerarquía taxonómica, se define como un conjunto de individuos con similitudes estructurales y funcionales. En la naturaleza, estos individuos se reproducen exclusivamente entre sí, generando descendencia fértil y compartiendo un antecesor común. La especie representa un grupo de organismos homogéneos en términos de reproducción, pero está sujeta a cambios significativos a lo largo del tiempo y del espacio. Su nombre científico binomial se compone de un nombre genérico seguido por un epíteto específico. Este nombre binario completo es conocido como nombre específico.

CUADRO N° 2: Clasificación taxonómica de la flora

Categoría	Taxón
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliópsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Genero	Medicago
Especie	<i>Medicago sativa</i>

Fuente: (Troiani et al., 2017)

En la escritura del nombre binomial, la inicial del género se presenta en mayúscula, mientras que el segundo término o epíteto específico se escribe en minúscula. En el caso de epítetos compuestos por varias palabras, estas se combinan o enlazan mediante un guion. Este sistema estandarizado de nomenclatura facilita la identificación y comunicación precisa en el ámbito de la biología. Como ejemplo de esta clasificación la "alfalfa asiática", cuyo nombre

científico es *Medicago sativa*. Es una especie y por consiguiente ocupa un rango bastante bajo en la jerarquía.

A continuación, se presenta un ejemplo de la clasificación taxonómica del Oso Andino, también conocido como Oso de Anteojos.

CUADRO N° 3: Clasificación taxonómica de la fauna

Categoría	Taxón
Reino	Animalia
Filo	Chordata
Clase	mammalia
Orden	Carnivora
Familia	Úrsidae
Genero	Tremarctos
Especie	<i>Tremarctos ornatus</i>

Fuente: Elaboración propia

2.2.7. Mapa de vegetación

El mapa de vegetación se erige como una herramienta fundamental en el procedimiento de inventario de flora y vegetación, y la evaluación conjunta de los recursos naturales, la biodiversidad y los servicios del ecosistema. Su elaboración se efectúa en el ámbito de gabinete (MINAM, 2015). Este recurso proporciona información detallada acerca de la extensión, características fundamentales y distribución geográfica de los diversos tipos de vegetación presentes en la nación.

2.2.7.1. Uso de información base

Para la elaboración del mapa de vegetación del área bajo estudio, se utiliza como referencia la información cartográfica proporcionada por el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal - MNCV, a una escala de 1:100,000 elaborado por el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015).

El proceso de clasificación de la cobertura vegetal a nivel nacional implica la categorización de las unidades de cobertura vegetal, como se detalla en el siguiente Cuadro N° 4. Esta clasificación se fundamenta en criterios que abarcan desde aspectos generales hasta particulares, incluyendo: criterios geográficos, criterios bioclimáticos, criterios fisonómicos y criterios fisiográficos.

CUADRO N° 4: Clasificación de la cobertura vegetal en el Perú

Región natural	Macroprovincia de humedad	Formación vegetal	Tipos de cobertura vegetal	Símbolo	Superficie			
					(ha)	(%)		
Tropical (selva baja)	Per húmedo	Bosque	Bosque inundable de palmeras (aguajal)	Bi-pal	5 570 736	4,33		
			Bosque de terraza inundable por agua negra	Bti-an	1 215 814	0,95		
			Bosque de llanura meándrica	Bllm	2 117 010	1,65		
			Bosque de terraza baja	Btb	7 091 445	5,52		
			Bosque de terraza baja con castaña	Btb-cas	20 497	0,02		
			Bosque de terraza alta	Bta	3 983 722	3,10		
			Bosque de terraza alta con castaña	Bta-cas	854 502	0,66		
			Bosque de colina baja con shiringa	Bcb-shl	148 428	0,12		
			Bosque de colina baja con castaña	Bcb-cas	204 329	0,16		
			Vegetación esclerófila de arena blanca	Ve-ab	54 370	0,04		
			Bosque de colina baja	Bcb	23 991 362	18,8		
			Bosque de colina alta	Bca	1 975 221	1,54		
			Bosque de colina alta de divisor	Bca-D	375 624	0,29		
			Bosque de montaña	Bm	3 658 450	2,85		
			Herbazal y sabana	Hehi	814 212	0,63		
			Sabana hidrofítica de palmeras	Sahi-pal	6 585	0,01		
			Per húmedo	Bosque con bambú	Bosque de terraza baja con paca	Btb-pa	157 382	0,12
					Bosque de terraza alta con paca	Bta-pa	92 377	0,07
Bosque de colina baja con paca	Bcb-pa	3 784 671			2,94			

			Bosque de colina alta con paca	Bca-pa	716 719	0,56	
			Bosque de montaña con paca	Bm-pa	3 495	0,003	
		Bambusal	Pacal	Pac	29 444	0,02	
	Sub húmedo	Bosque	Bosque semidecíduo de montaña	Bsdm	18 473	0,01	
Yunga o selva alta	Per húmedo - semisaturado	Bosque	Bosque de terraza baja basimontano	Btb-ba	3 116	0,002	
			Bosque inundable de palmeras basimontano	Bi-pa-ba	4 884	0,004	
			Bosque de terraza alta basimontano	Bta-ba	370	0,0003	
			Bosque de montaña basimontano	Bm-ba	7 650 282	5,95	
			Bosque de montaña montano	Bm-mo	3 072 387	2,39	
			Bosque de palmeras de montaña montano	Bpm-mo	13 697	0,01	
			Bosque de montaña altimontano	Bm-al	831 825	0,65	
	Húmedo - semisaturado	Bosque con bambú	Bosque de montaña basimontano con paca	Bm-ba-pa	136 356	0,11	
			Matorral	Matorral esclerófilo de montaña montano	Mae-mo	2 508	0,002
				Matorral arbustivo altimontano	Ma-al	26 227	0,02
	Semiárido	Sabana	Sabana xérica interandina	Saxe-in	116 762	0,09	
	Andina (vertiente occidental andina e interandina y puna)	Subhúmedo - superhúmedo	Bosque	Bosque xérico interandino	Bxe-in	441 182	0,34
				Bosque relicto mesoandino	Br-me	27 478	0,02
Bosque relicto mesoandino de coníferas				Br-me-co	1 160	0,001	
Bosque montano occidental andino				Bm-oca	90 002	0,07	
Bosque relicto altoandino (queñoal)				Br-al	101 533	0,08	
Jalca				Jal	153 674	0,12	
Herbazal y otras			Páramo	Para	85 495	0,07	
			Pajonal andino	Pj	18 192 418	14,2	
			Bofedal	Bo	544 562	0,42	
			Árido - superhúmedo	Matorral	Matorral arbustivo	Ma	7 496 882
Cardonal		Car			2 564 734	2,00	
Costa	Desecado-árido	Herbazal y otras	Tillandsial	Til	7 182	0,01	
			Loma	Lo	256 901	0,20	
		Bosque	Bosque seco ribereño	Bsr	30 235	0,02	

		Bosque seco tipo sabana	Bss	1 409 839	1,10
		Bosque seco de piedemonte	BSpm	157 036	0,12
		Bosque seco de lomada	Bslo	33 267	0,03
Superárido - semiárido	Bosque	Bosque seco de colina baja	Bscb	454 285	0,35
		Bosque seco de colina alta	Bsca	300 391	0,23
		Bosque seco de montaña	Bsm	1 279 156	1,00
		Manglar	Mg	5 644	0,004
		Subhúmedo	Bosque	Bosque subhúmedo de montañas	Bshm

Fuente: (MINAM, 2015)

Este proceso permite una caracterización detallada de la cobertura vegetal, brindando una representación cartográfica precisa y fundamentada en diversos factores ambientales que influyen en la distribución y composición de la vegetación en el área de interés.

2.2.8. Cobertura vegetal de la región andina

El Ministerio del Ambiente (MINAM,2015) ha identificado en el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal 11 categorías de vegetación en la región andina, los cuales son:

1. Bosque xérico interandino
2. Bosque relicto mesoandino
3. Bosque relicto mesoandino de coníferas
4. Bosque montano occidental andino
5. Bosque relicto altoandino
6. Jalca
7. Páramo
8. Pajonal andino
9. Bofedal
10. Matorral arbustivo

11. Cardonal

A continuación, se proporciona una descripción detallada de las coberturas vegetales relevantes para la investigación.

2.2.8.1. Bosque relictos mesoandinos (Br-me)

La presencia del bosque relictos mesoandinos está caracterizada por su distribución discontinua, localizándose en laderas montañosas de difícil acceso a altitudes entre 3,000 y 3,800 m.s.n.m. con fragmentos dispersos. Este tipo de bosque abarca un área de 27,478 ha, lo que representa el 0.02% del total nacional. Se caracteriza por la presencia de árboles de baja estatura y dispersos, con alturas que oscilan entre 3 y 9 m.

2.2.8.2. Jalca (Jal)

Este tipo de vegetación se sitúa en las cumbres de los andes septentrionales, delimitando la frontera geográfica entre el Pajonal andino y el Páramo, que se extiende desde el extremo norte hasta la depresión de Huancabamba, a una altitud superior a los 3,000 m.s.n.m. Su área de ocupación abarca aproximadamente 153,674 hectáreas, representando el 0.12% de la cobertura vegetal total a nivel nacional. Históricamente, esta vegetación ha sido objeto de interpretaciones erróneas, siendo comúnmente confundida con la puna y el páramo.

Se puede describir a esta cobertura vegetal como una región de transición que presenta notables fluctuaciones en humedad y temperatura, las cuales se reflejan en las características de su vegetación. Estudios florísticos, climáticos y de vegetación respaldan esta definición, destacando diferencias como menor altitud, ausencia de nevados, laderas con pendientes moderadas, afloramientos rocosos, extensas planicies,

presencia de lagunas y humedales, así como la existencia de especies de flora típicas y endémicas (MINAM, 2015).

Desde un punto de vista fisonómico, la Jalca presenta similitudes con el pajonal andino, mostrando gramíneas cespitosas con hojas enrolladas y rígidas que forman grupos dispersos junto a arbustos de tamaños reducidos. La estratificación vertical revela tres estratos distintos: un estrato compuesto por plantas sin tallo con hojas dispuestas en forma de roseta e inflorescencia sécil, otro estrato conformado por plantas rizomatosas enraizadas al suelo, y un tercer estrato compuesto por gramíneas cespitosas de gran altura y plantas herbáceas dicotiledóneas erguidas.

Entre las especies características y endémicas se encuentran *Laccopetalum giganteum* ("pacra pacra"), *Ascidiogyne sanchez-vegae*, *Calceolaria caespitosa*, *Calceolaria percaespitosa*, *Chuquiraga oblongifolia*, *Jalcophila peruviana*, *Luciliocline plicatifolia* y *Nicotiana thyriflora*, con la esporádica presencia de *Blechnum loxense* (Sánchez-Vega & O. Dillon, 2006).

2.2.8.3. Pajonal andino (Pj)

Este tipo de cobertura vegetal se compone principalmente de praderas herbáceas que se encuentran en la parte superior de la cordillera de los Andes, generalmente entre los 3,800 y 4,800 metros sobre el nivel del mar. Su desarrollo abarca una variedad de terrenos que van desde llanuras casi planas, como las mesetas, hasta áreas empinadas o escarpadas, que incluyen depresiones y fondos de valles glaciares. Su

extensión total alcanza aproximadamente las 18,192,418 hectáreas, lo que equivale al 14.16% de la superficie total del país.

Esta extensa unidad de cobertura vegetal ha sido dividida, debido a la escala de mapeo (MINAM, Memoria descriptiva del Mapa de Cobertura Vegetal del Perú., 2015), en tres subunidades fisonómica y florísticamente distintas: pajonal, caracterizado por hierbas agrupadas en manojos de hasta 80 cm de altura; césped, compuesto por hierbas de baja estatura, alcanzando hasta 15 cm de altura; y tolar, conformado por arbustos que pueden llegar a medir hasta 1.20 m de altura.

FIGURA N° 3: *Pajonal andino (subtipo pajonal)*



Fuente:(MINAM, 2015).

En el subtipo "pajonal" identificado por PRODERN (2012a y 2012b) en el departamento de Ayacucho, donde las plantas alcanzan alturas de hasta 60 cm, se encuentran asociaciones como Calamagrostis – Stipa, donde las especies predominantes son *Calamagrostis rigida* y *Stipa hans-meyeri*, seguidas de *Pycnophyllum molle*, *Parastrephia phyllocaeformis*, *Loricaria graveolens*, entre otras. En la Asociación

Festuca - Stipa, las especies más comunes son *Festuca weberbaueri*, *Stipa inconspicua*, *Calamagrostis amoena*, entre otras. En la Asociación Stipa - Margiricarpus, predominan las especies Stipa ichu, Margyricarpus strictus seguidas de Aciachne pulvinata (MINAM,2015).

En el subtipo "césped", prevalecen familias botánicas como Poaceae, Asteraceae, Fabaceae, Solanaceae, Rosaceae y Juncaceae, y se destacan especies notables, incluyendo *Calamagrostis rigescens*, *Calamagrostis vicunarum*, *Scirpus rigidus*, *Aciachne pulvinata*, *Gamochaeta americana*, *Lachemilla pinnata* y *Stipa conspicua*, entre otras (ver figura N° 04).

FIGURA N° 4: Pajonal andino (subtipo césped de puna)



Fuente: MINAM, 2015

Conforme a la investigación de Flores (2005), el subtipo "césped", caracterizado por alturas de hasta 15 cm, se encuentra dominado por gramíneas y gramínoideas, con la inclusión de especies que adoptan formas de cojines o almohadillas, ya sea planos o convexos. Ejemplos de estas especies incluyen *Aciachne pulvinata*, *Aciachne acicularis* ("paco-

champa"), *Calamagrostis vicunarium* ("crespillo"), *Agrostis breviculmis*, *Calamagrostis rigescens*, *Dissanthelium calycinum*, *Dissanthelium macusaniense* y *Festuca peruviana* (MINAM,2015). Destacan entre las especies arbustivas las plantas pertenecientes a la familia Asteraceae como *Werneria nubigena*, *Werneria pygmaea*, *Baccharis caespitosa*, *Senecio collinus*, *Gamochoeta americana*, *Cuatrecasasiella isernii*; gentianaceae como *Gentianella chrysosphaera*, *Gentiana sedifolia*; malvaceae como *Nototriche pinnata*; geraniáceas como *Geranium pavonianum* y Rosaceae como *Lachemilla pinnata* (MINAM,2015).

El subtipo "tolar" se distingue por la predominancia de comunidades de arbustos sobre las herbáceas, y su extensión geográfica más significativa se encuentra en la puna del sur, incluyendo los departamentos de Puno, Tacna, Moquegua, Arequipa, Ayacucho y Apurímac.

Entre las especies preponderantes se encuentran las resinosas *Parastrephia lepidophylla* ("tola"), *Parastrephia phyllicaeformis*, *Baccharis tricuneata* ("tayanco"), *Diplostephyum* sp. También se incluyen otras especies arbustivas como *Fabiana densa*, *Lupinus microphyllus*, *Chuquiraga espinosa*, *Senecio spinosus*, *Ephedra americana*, y herbáceas como *Stipa inconspicua*, *Pycnophyllum molle*, *Festuca rigescens*, *Aciachne pulvinata*, *Calamagrostis vicunarium*, *Stipa ichu*, *Aciachne pulvinata*, *Werneria* sp., *Senecio spinosus* y *Calamagrostis vicunarium*, entre otras. (MINAM, 2015).

FIGURA N° 5: *Pajonal andino (subtipo tolar)*



Fuente: (MINAM, 2015)

En las elevaciones superiores, ubicadas por encima de los 4500 m.s.n.m., en el "pajonal andino", las condiciones climáticas extremas generan una disminución en la cobertura de herbáceas, lo que resulta en la presencia de áreas con suelos desprovistos de vegetación o afloramientos rocosos. En este entorno, se encuentran especies de porte rastrero o almohadillado, como *Azorella* sp. y *Picnophyllum* sp. (MINAM,2015).

Desde una perspectiva general, se postula que el pajonal andino juega un papel esencial como fuente de alimento para la ganadería, particularmente para camélidos sudamericanos y ganado ovino. No obstante, se observa que numerosas áreas están experimentando procesos de degradación, atribuibles a actividades antropogénicas.

2.2.8.4. Otras coberturas vegetales

Este tipo de coberturas engloba aquellas zonas que carecen de cobertura vegetal, tales como glaciares, áreas peri glaciares, desierto costero, bancos de arena, humedales costeros, albuferas, centros mineros,

lagos, lagunas, ríos, esteros, infraestructuras, represas y poblados. Las superficies correspondientes a cada una de estas categorías se detallan en el siguiente cuadro.

CUADRO N° 5: Otras categorías de coberturas

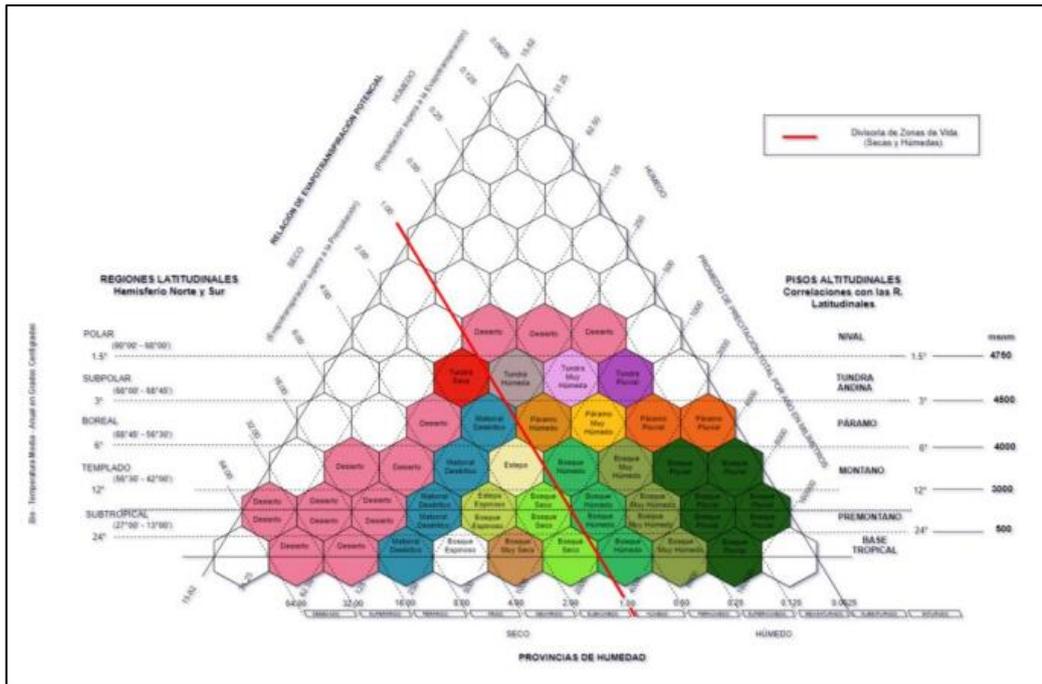
Unidades de cobertura	Símbolo	Superficie (ha)	%
Área altoandina con escasa y sin vegetación	Esv	2,600, 210	2.02
Glaciar	Gla	191, 856	0.15
Banco de arena	Ba	249	0.0002
Desierto costero	Dc	7,114,513	5.54
Humedal costero	Huc	2,863	0.002
Albúfera	Albu	265	0.0002
Vegetación de isla	Is	186,475	0.15
Centro minero	Mi	25,011	0.02
Lagunas, lagos y cochas	L/Co	922,188	0.72
Río	R	1,274,297	0.99
Estero	Est	69	0.0001
Infraestructura	Infra	7,803	0.01
Represa	Re	9,754	0.01
Área urbana	U	169,790	0.13
Canal internacional	Ci	864	0.001
Estuario de virillá	Ev	3,308	0.003
Mar peruano			

Fuente: (MINAM, 2015)

2.2.9. Zonas de vida de Holdridge

El sistema de zonas de vida de Holdridge, representado en la Figura N° 6, se basa en dos supuestos fundamentales.

FIGURA N° 6: Sistema de las zonas de vida de Holdridge

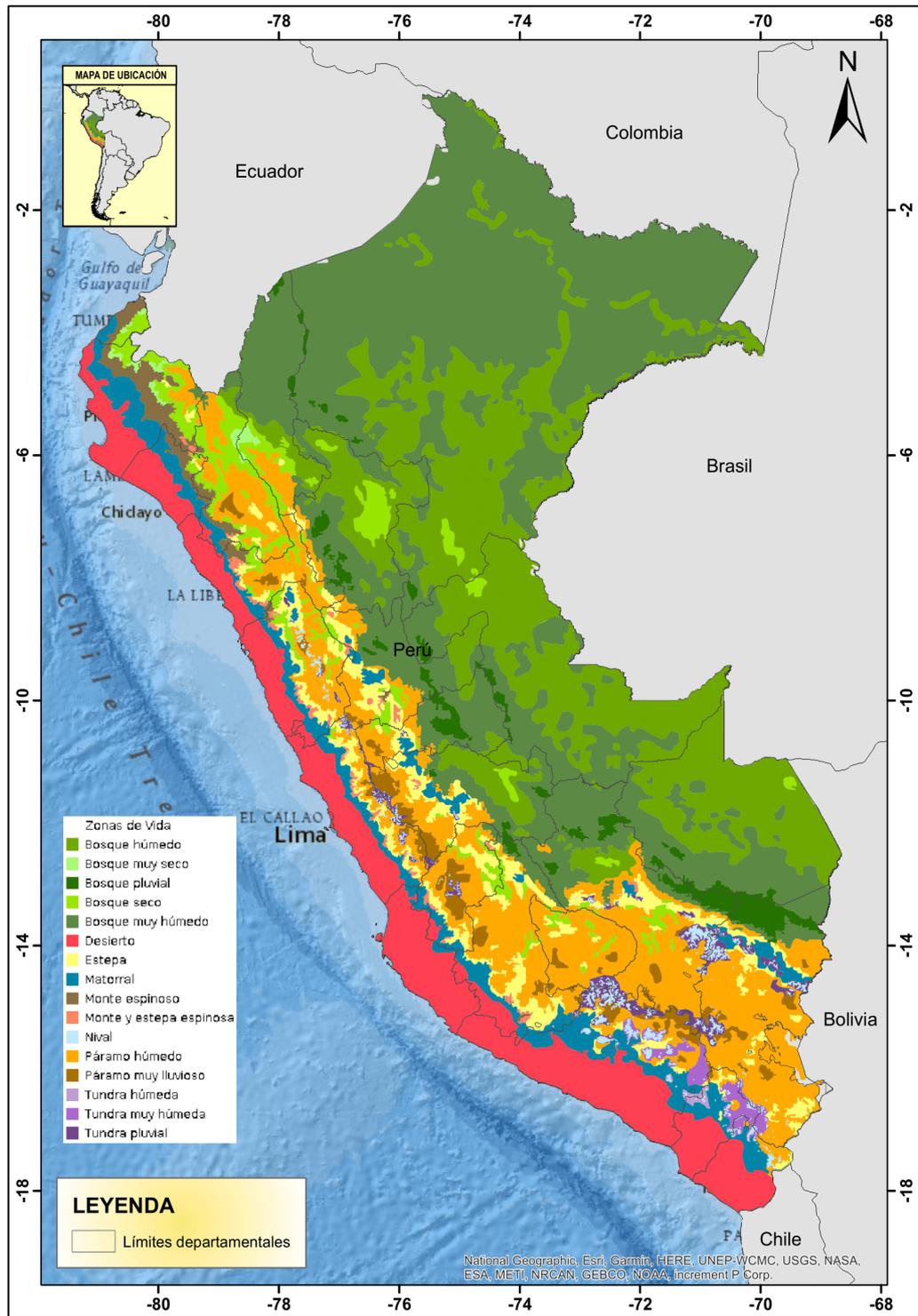


Fuente: (Sabino et al.,2019)

En primer lugar, se postula que las variables climáticas claves, específicamente la temperatura y la precipitación, son los principales determinantes de las zonas de vida o biomas. En segundo lugar, se supone que la vegetación se desarrolla de manera independiente de la influencia de los animales. Bajo estos supuestos, se reconoce que los factores climáticos que conforman el sistema de Holdridge ejercen las influencias primordiales en la definición de las zonas de vida.

El sistema de Holdridge, es una herramienta ecológica de alcance global, se distingue por su capacidad para cuantificar con precisión la relación intrínseca entre los factores climáticos principales y la vegetación (SENAMHI, Estimación de las Zonas de Vida de Holdridge en el Perú, 2019). Este sistema se fundamenta en la influencia primordial del clima en la determinación de los biomas terrestres o zonas de vida en la tierra. Esta perspectiva cuantitativa proporciona un marco para comprender como el clima moldea los ecosistemas a nivel global.

FIGURA N° 7: Mapa de zonas de vida del Perú



Fuente: (IDSESEP, 2024)

Este sistema aborda la biotemperatura, la precipitación y la humedad ambiental como factores climáticos fundamentales, considerándolos "independientes". Esto implica que estos factores climáticos operan de manera

autónoma en la determinación de las características de una zona de vida en cualquier lugar del planeta, sin depender en gran medida de influencias bióticas, como la presencia de determinadas especies de plantas o animales. Por otro lado, los factores bióticos, como la flora y fauna, se consideran "dependientes", lo que significa que están subordinados a la acción directa del clima, es decir, las condiciones climáticas predominantes en una zona de vida ejercen una influencia dominante en la composición y distribución de las especies que habitan en esa área.

Según la base de datos de la Infraestructura de Datos Espaciales (IDSESP) del SENAMHI, el territorio peruano se divide en 16 zonas de vida, utilizando la clasificación de Holdridge. La Figura N° 7 presenta de manera detallada el mapa de estas zonas, ofreciendo una visualización clara y exhaustiva de la diversidad de biomas presentes en el país.

El análisis espacial del mapa de zonas de vida en el Perú concluye que existen 66 subbiomas, resultado de la interacción entre las 16 zonas de vida y las diversas regiones altitudinales (SENAMHI, 2017). Estas zonas de vida son: Bosque húmedo, Bosque muy seco, Bosque pluvial, Bosque seco, Bosque muy húmedo, Desierto, Estepa, Matorral, Monte espinoso, Monte y estepa espinosa, Nival, Páramo húmedo, Páramo muy lluvioso, Tundra húmeda, Tundra muy húmedo y Tundra pluvial, tal como se representa en la Figura N° 7.

Al analizar la distribución de estas zonas de vida en función de las vertientes hidrográficas, se observa que la zona de vida más predominante en la vertiente del Atlántico es el bosque muy húmedo, a abarcar aproximadamente el 40 % del territorio. En contraste, en la vertiente del Pacífico, predomina el desierto, cubriendo alrededor del 48 % del área total. En la vertiente del Lago

Titicaca, el páramo húmedo es la zona de vida más destacada, cubriendo aproximadamente el 76% del área. Por otro lado, las zonas de vida con una presencia más limitada en el Perú son las Tundras, que representan aproximadamente el 2.1 % del territorio y se encuentran principalmente en altitudes superiores a los 3,500 metros sobre el nivel del mar en la sierra sur del país, así como el Bosque muy seco, que cubre alrededor del 0.57% del área total y se ubica en la costa norte.

2.2.10. Inventario de Flora y fauna

Un inventario de flora y fauna es un registro exhaustivo que documenta la diversidad de especies presentes en un área geográfica específica. Este documento desempeña un papel crucial en la caracterización de la flora y fauna de dicha región (Pérez & Valderrama, 2022).

Según (Rangel, 2015), los inventarios tienen un componente histórico debido a los registros recopilados de diversas fuentes, y constituyen la base para comprender los procesos e interacciones ecológicas mediante análisis de riqueza y diversidad, que generalmente se realizan a niveles taxonómicos y unidades fisiográficas o de terreno estudiado, junto con sus condiciones ambientales. La descripción detallada de los diferentes elementos del entorno permite comprender el estado del lugar, su biodiversidad, las actividades existentes y la utilización de los recursos naturales, lo que facilita la evaluación de las presiones e impactos ambientales.

El inventario de las unidades de vegetación o tipos de vegetación se lleva a cabo empleando métodos y técnicas de muestreo para recopilar información tanto cuantitativa como cualitativa en áreas pequeñas que sean representativas,

con el fin de poder estimar los valores de los parámetros asociados a ellas (MINAM, 2015).

2.2.11. Muestreo de flora y fauna

El muestreo de flora y fauna comprende una serie de métodos utilizados para identificar las especies de plantas y animales presentes en un ecosistema específico, y, por lo tanto, constituye una parte fundamental de numerosos estudios ambientales. Es de suma importancia llevar a cabo un muestreo adecuado que nos permita evaluar el estado de conservación y la calidad ambiental del ecosistema. Esto se logra a través del análisis de indicadores ambientales, como la presencia de especies de flora y fauna protegidas por la legislación ambiental. (INGENII, 2023)

➤ Muestreo de flora

A. Tipos de muestreo

En la Guía de Inventario de Flora y Vegetación (MINAM, 2015), se recomienda la aplicación de dos tipos de muestreo: aleatorio estratificado y sistemático estratificado.

Aleatorio estratificado

En este tipo de muestreo, se lleva a cabo la estratificación del área de estudio, donde la selección de las muestras se realiza de forma aleatoria, pero limitada únicamente a cada estrato o categoría de vegetación.

Sistemático estratificado

En este enfoque, las muestras siguen un diseño sistemático dentro de cada estrato. Se aplica este método no solo por su capacidad para

discernir las variaciones dentro de cada estrato, sino también por su utilidad en circunstancias donde acceder al terreno resulta difícil.

B. Tamaño de la muestra por unidad

La unidad de muestreo constituye la entidad primordial de análisis donde se registran las características de la vegetación y se toman medidas, según lo establecido por el MINAM en 2015.

CUADRO N° 6: *Tamaño mínimo de la sub unidad muestral para el sotobosque*

Coberturas boscosas	Elementos	Tamaño mínimo de la subunidad muestral
Bosques: selva baja, selva alta costa y andina	Regeneración de leñosas y lianas: < de 10 cm DAP > 3 m altura	100 m ²
	Regeneración de leñosas, arbustos y palmeras de porte arbustivo: 1-3 m de altura	25 m ²
	Epífitas	1 árbol

Fuente: (MINAM, 2015)

La determinación del tamaño mínimo de la unidad muestral se fundamenta en el concepto del área mínima de la comunidad, (Matteucci & Colma, 1982). En el cuadro N° 6 se detallan los tamaños mínimos de las unidades muestrales asignadas al estudio de la flora en el estrato inferior del bosque o sotobosque.

CUADRO N° 7: *Tamaño mínimo de la sub unidad muestral para matorrales y herbazales*

Coberturas arbustivas y herbáceas	Unidad muestral	Tamaño mínimo de la unidad muestral
Matorrales en general	Parcela	100m ²
	Parcela	1 -2 m ²
Herbazales en general	Transecto	100 registros

Fuente: (MINAM, 2015)

En el cuadro N° 7, se detallan los tamaños mínimos necesarios para las unidades muestrales en el inventario de matorrales y herbazales. Para el método de transección en el inventario de herbazales, cada transecto se establece como una unidad de muestreo.

C. Forma y distribución de unidades de muestreo

Las unidades de muestreo o parcelas de área fija son comúnmente utilizadas en los inventarios de flora y vegetación, pudiendo adoptar diversas formas geométricas como círculos, cuadrados o rectángulos (MINAM, 2015).

A diferencia de otras formas geométricas, las parcelas circulares presentan limitada visibilidad, mientras que las parcelas cuadradas son una opción ampliamente preferida en los inventarios, siendo efectivas, aunque requieren atención meticulosa en el control del barrido de las subparcelas, especialmente en poblaciones densas, lo que implica una mayor inversión de tiempo en la delimitación.

Las parcelas rectangulares también son muy empleadas en el inventario de flora debido a su facilidad de medición y control de la información, tanto en bosques densos como abiertos. Permiten la evaluación de variables mientras se camina en línea recta, evitando desplazamientos laterales extensos, e incluso es factible tomar medidas desde fuera de la unidad. Al permitir un mayor recorrido en el terreno, se aumenta la probabilidad de encontrar una mayor diversidad de especies.

En el caso particular de praderas o herbazales, se pueden emplear dos métodos distintos. Uno de ellos es el uso de transectos (transección en

pasos), que se aplica para el inventario y evaluación de pastizales altoandinos según (MINAM, 2015).

El segundo método es el del cuadrado, que involucra el empleo de pequeñas parcelas con dimensiones predefinidas. En este enfoque, las unidades de muestreo consisten en cuadrados de 1m^2 , pudiendo extenderse hasta 2m^2 en herbazales poco densos o muy dispersos.

Transectos

El método de transectos es ampliamente preferido debido a su rapidez en la medición y la mayor heterogeneidad con la que se realiza el muestreo de flora. Según Mostacedo y Fredericksen (2000), un transecto se caracteriza por ser un área rectangular posicionada en una ubicación específica para la medición de características particulares de un tipo concreto de vegetación.

El tamaño de los transectos varía y está determinada por el tipo de vegetación que se va a medir. Por ejemplo, Gentry (1982) empleó transectos de 2×50 m para medir árboles y realizar estudios biológicos, y estableció que los transectos deben estar distribuidos al azar por lo menos 20 m de distancia sin que estos se superpongan unos con otros. Dentro de estos transectos, evaluó el número de individuos presentes, registrando la altura y el diámetro de cada planta. Los transectos de 50×2 m deben trazarse con una cuerda de 50 m y con una vara de 1 m, se dispone la distancia a cada lado de la cuerda (Mostacedo & Fredericksen, 2000), si no es posible identificar las especies en el momento se realiza las colectas de todo el material vegetal en cada uno de los transectos para luego identificarlas.

D. Registro de variable

El componente fundamental de cualquier inventario que abarque la vegetación es el registro de las especies vegetales. Este proceso implica la identificación taxonómica y el registro exhaustivo de todos los individuos dentro de la unidad de muestreo de un tipo específico de vegetación, que comprende especies de diversas formas de vida vegetal. Esta tarea debe ser realizada por expertos especializados en botánica o dendrología. Además, es crucial respaldar el inventario con muestras botánicas, siguiendo el protocolo de recolección que especifica la necesidad de recoger flores, frutos, semillas, hojas y ramitas terminales para el análisis en herbarios, garantizando la fiabilidad del estudio (MINAM, 2015).

➤ **Muestreo de Ornitofauna**

La Guía de Inventario de Fauna Silvestre, elaborada por el MINAM en 2015, establece directrices para la planificación y aplicación de métodos de muestreo en evaluaciones ornitológicas, lo que conduce a la obtención de resultados sólidos y confiables. A continuación, se describen los métodos más empleados en monitoreos de avifaunas.

A. Puntos de conteo

Este método ha demostrado ser efectivo en diversos tipos de terrenos y hábitats, permitiendo el análisis de las fluctuaciones anuales en las poblaciones de aves, las composiciones particulares según el hábitat y los niveles de abundancia de cada especie. Se destaca como la principal opción en los estudios de avifauna, siempre detallando las características temporales y espaciales de cada evento, como la duración, la distancia

mínima entre puntos, el horario de evaluación y las coordenadas geográficas. (MINAM, 2015)

Este método, probado con éxito en varias regiones como la costa (Salinas et al., 2007), la sierra (Salinas, 2007) y la selva, implica que el evaluador permanezca en un punto durante 10 a 15 minutos (Ralph et al., 1996), registrando todas las especies e individuos vistos y oídos. En áreas boscosas, se establece una distancia mínima de 200 metros, mientras que en áreas abiertas se requieren distancias de 500 metros a más. Los datos recopilados abarcan el número de individuos avistados, la distancia de observación, el método de detección y el comportamiento de las aves.

Una práctica común es el conteo con radio fijo, donde se registran todas las aves dentro de un radio predefinido, con radios más amplios en entornos de mayor visibilidad. La desventaja radica en que solo se registran aves dentro de este radio, excluyendo aquellas más allá de dicho límite, como las aves grandes voladoras (MINAM, 2015).

B. Conteos directos

Este método es adecuado en situaciones específicas donde las especies son fácilmente identificables, muestran una distribución agregada y ocupan hábitats abiertos con buena visibilidad. Durante el inventario, se comienza identificando la especie, así como la abundancia y la distribución de los grupos; luego, se cuenta la cantidad de individuos en cada grupo. Este enfoque abarca todas las especies presentes en una colonia de anidamiento o en hábitats acuáticos, suponiendo que los individuos pertenecen a una población, por lo que se clasifica como un método directo (MINAM, 2015).

C. Búsqueda intensiva

El censo por búsqueda intensiva implica tres censos de 20 minutos cada uno (MINAM,2015), realizados en diferentes áreas, donde el observador busca activamente aves. Si se escucha el canto de un ave no identificada, el observador puede buscarla y visualizarla con binoculares para mejorar su identificación. Es crucial que el observador esté preparado para identificar la mayoría de las especies en la zona antes de comenzar el censo. Las áreas evaluadas deben estar georreferenciadas para censos futuros comparativos, y el censo debe realizarse no más de cinco horas después de amanecer (Ralph et al., 1996).

D. Transectos

Este método es similar al de puntos de conteo, difiere en que el observador registra las aves avistadas mientras avanza en línea recta o dentro de una franja, sin detenerse, retroceder ni mirar hacia atrás. Puede ser utilizado como una alternativa al método de puntos de conteo en entornos abiertos y ampliamente uniformes (MINAM, 2015).

Transectos lineales

En esta técnica, los transectos lineales abarcan aproximadamente 1,000 metros, ya sea de manera continua o subdivididos en unidades de muestreo cada 100 o 250 metros. La separación entre transectos varía de 150 a 200 metros en áreas densas y de 250 a 500 metros en áreas abiertas (Bibby et al., 1999). El ancho no está predefinido y se determina durante las observaciones. Durante el recorrido, se registra la distancia entre las aves y el transecto, calculada mediante el ángulo entre el ave, el evaluador y el transecto, junto con la distancia entre el ave y el evaluador (Krebs,

1999). Se sugiere un mínimo de cuatro transectos (totalizando 4,000 metros de recorrido) por unidad de vegetación, aunque en hábitats más reducidos se puede considerar un número menor de transectos (Mikol, 1980).

Transectos en franja

En este tipo de transecto, se efectúan registros de todas las aves presentes dentro del área definida por su longitud y anchura. La amplitud del ancho oscila entre 10 y 20 metros, dependiendo de la visibilidad del hábitat, garantizando que la distancia perpendicular desde el transecto hasta el ave sea igual o menor al ancho (Bibby et al., 1999). Estas medidas específicas de ancho de transecto son particularmente apropiadas para aves pequeñas, como los paseriformes, y en casos donde el área de impacto tiene dimensiones limitadas.

➤ **Muestreo de Mastofauna**

A. Mamíferos pequeños terrestres

Se refiere comúnmente a un conjunto de mamíferos no voladores cuyo peso adulto generalmente no supera los 1 kg (Barnett y Dutton, 1995).

Esta categoría abarca a los roedores, marsupiales y lagomorfos (Pacheco et al., 2009). Debido a su comportamiento evasivo, hábitos nocturnos, tamaño reducido y coloración opaca, o su tendencia a permanecer ocultos en refugios subterráneos o ser arborícolas, es necesario capturarlos y determinarlos después del trabajo de campo, utilizando trampas y, en algunos casos, cebos, para facilitar su identificación (Voss & Emmons, *Mammalian diversity in Neotropical lowland rainforests: a preliminary assessment.*, 1996).

Registro directo

Una forma de obtener un registro de mastofauna es a través de observaciones directas en transectos establecidos, como señalan (Díaz & Payan, 2012). Otra metodología es mediante la instalación de trampas, las cuales facilitan el monitoreo de manera efectiva.

Las trampas son instrumentos eficaces para la captura de mamíferos pequeños, y su utilidad ha sido respaldada por estudios anteriores (Jones et al., 1996; Voss y Emmons, 1996; Voss et al., 2001). El éxito de la captura de animales en trampas está influenciado por varios factores, como el comportamiento, las condiciones climáticas, la topografía, el diseño específico de la trampa y la pericia del especialista a cargo. Además, las trampas pueden clasificarse según su necesidad de cebo.

- **Trampas con el uso de cebos**

Los cebos, al desempeñar su función como atrayentes, desempeñan un papel crucial en la efectividad de la captura, destacándose la mantequilla de maní como el más eficaz, especialmente en entornos de selva baja (Hice & Velazco, 2013; Muñoz & Yañez, 2000).

CUADRO N° 8: Distintos cebos para atraer pequeños mamíferos terrestres

Mamíferos	Tipo de cebo
Roedores	
Ardillas	Nueces, semillas, mantequilla de maní, pan
Ratas y ratones	
Marsupiales	
Marsupiales pequeños	Mantequilla de maní, sardina enlatada, carne fresca o enlatada, frutas propias de la zona.

Fuente: (MINAM, Guía de inventario de la fauna silvestre, 2015) *adaptado de Gurmell et al (2009)*

La elección del cebo, está sujeta a la experiencia del evaluador y a su conocimiento acerca de los hábitos alimenticios del grupo que se está inventariando (Barnett & Dutton, 1995).

Es esencial cambiar el cebo a diario durante el periodo en que la trampa permanece instalada. En ciertos casos, puede ser necesario volver a cebar debido a factores externos que podrían afectar la eficacia del cebo, como lluvias intensas o la presencia de insectos. Las trampas que requieren cebo se clasifican en trampas de captura viva, como Trampas Sherman®, Trampas Tomahawk® y Havahart, y trampas de golpeo, como Trampas Victor® y Trampas Museum Special® (MINAM,2015).

- **Trampas sin el uso de cebos**

Estas abarcan las trampas de caída de tipo pitfall según Voss y Emmons (1996), así como las trampas cebo suave "Victor" accionar de la trampa Conibear® según (Gallina & López, 2011).

Por transectos

Esta estrategia, propuesta por Wilson et al. (1996) y Barnett y Dutton (1995), implica la instalación o el mantenimiento diario de al menos 4 transectos de trampas. Cada transecto debe constar de 30 estaciones de trampas, por un periodo de tiempo de 10 a 15 minutos, a lo largo de una distancia mínima de 300 metros durante la instalación del transecto (Pacheco et al., 2007, 2011; Jones et al., 1996). Cada estación de trampas debe contar con una trampa de golpe (Museum Special o Víctor) y una trampa de caja (Sherman), colocadas dentro de un radio de aproximadamente 2 metros (Hoffman et al., 2010).

En bosques primarios, los ecotonos deben considerarse como sitios de muestreo adicionales, y la distancia mínima entre transectos dentro del mismo hábitat no debe ser menor a 100 metros para no alterar el éxito del trampeo_(Barnett y Dutton, 1995; Hoffman et al., 2010).

Al instalar el transecto, se debe asegurar que las trampas estén alineadas, cubriendo un único tipo de vegetación y preferiblemente colocadas en entradas de huecos entre rocas, galerías, etc. En entornos arbolados, es recomendable ubicar las trampas a distintas alturas desde el suelo. Además, se deben incluir en los transectos del inventario a los cuerpos de agua como quebradas, pequeños arroyos y estanques (Barnett y Dutton, 1995).

Las trampas para capturar mamíferos pequeños se colocan en estaciones a lo largo del transecto, con una separación promedio de alrededor de 100 metros entre cada una y los demás transectos. La longitud del transecto con trampas de caída puede variar entre 10 y 50 metros (Hoffman et al., 2010), y aunque Voss y Emmons (1996) sugieren ubicarlas cada 5 metros, también son efectivas cada 8 o 10 metros (Pacheco et al.,2009).

El número de estaciones se determina según la accesibilidad del terreno, considerando factores como el espacio, la presencia de rocas, vegetación, pendiente, entre otros.

B. Mamíferos medianos y grandes

Hay varios enfoques disponibles para llevar a cabo el inventario de la presencia y abundancia de este conjunto de mamíferos (Voss y Emmons, 1996).

Registro directo

- **Avistamientos**

Este método implica la observación directa de los mamíferos, facilitando una identificación precisa de la especie.

- **Vocalizaciones**

De acuerdo con Pereira et al. (2011), este método se clasifica como observación directa, incluso cuando no se establece contacto visual directo con la especie. Este enfoque debe utilizarse de manera complementaria al método de avistamiento (MINAM, 2015).

Registro indirecto

- **Rastros y fotografías**

El monitoreo de mamíferos medianos y grandes se lleva a cabo principalmente mediante la identificación de rastros como huellas, heces, refugios, huesos, pelos, rasguños y madrigueras, así como el uso trampas cámara. Esto se debe a que muchos de estos mamíferos son terrestres, cautelosos y presentes en baja densidad, moviéndose frecuentemente en solitaria o en grupos reducidos (Tellería, 1986).

- **Entrevistas**

Las entrevistas con los pobladores locales se realizan de manera informal y sin un formato específico, evitando el empleo de cuestionarios estructurados o libretas que puedan generar confusión en el entrevistado. Se comienza solicitando descripciones detalladas de las especies presentes en el área y luego se contrasta la información con láminas para obtener detalles morfológicos y ecológicos que ayuden a la determinación taxonómica. Es importante que la presencia

de la especie esté respaldada por el entorno natural y la altitud correspondiente. No obstante, se aconseja, en la medida de lo posible, obtener restos de animales cazados o utilizados por la comunidad local para respaldar la información recopilada durante las entrevistas (MINAM, 2015).

➤ **Muestreo de Herpetofauna**

Es esencial que los métodos seleccionados proporcionen información sobre la diversidad y la densidad de especies, que sean coherentes con los datos documentados en ecosistemas análogos al que se pretende evaluar. Este enfoque facilitará la comparación y la interpretación de los resultados a lo largo del periodo de estudio. Para llevar a cabo un inventario, se recurre a una variedad de técnicas que posibilitan recopilar evidencias para determinar las especies de anfibios y reptiles presentes en el área.

A. Métodos de muestreo

Búsqueda por encuentro visual (VES)

Conocida como VES (*Visual Encounter Survey*) o REV (Relevamiento por Encuentro Visual), esta técnica implica una evaluación estandarizada por tiempo de búsqueda. Ampliamente reconocida, se utiliza para determinar la riqueza, composición y abundancia relativa de especies (Heyer et al., 1994; Rueda et al., 2006).

El tiempo de muestreo por unidad, que puede oscilar entre 20 y 30 minutos (horas/hombre), involucra una búsqueda lenta y constante en la que se examina la vegetación, cuerpos de agua, piedras y otros refugios en un hábitat específico (MINAM,2015). Esta técnica se aplica tanto de día como de noche, lo que permite localizar especies diurnas descansando

en la vegetación baja (Doan, 2003; Schlüter et al., 2004). La distancia mínima entre unidades de muestreo es de 50 metros. Se sugiere evitar realizar inventarios cerca de caminos y trochas utilizadas por pobladores locales.

Transectos de banda fija (BTF)

En ambientes agrestes y de difícil acceso, se recomienda que cada unidad de muestreo abarque áreas de 50 x 2 metros, mientras que, en áreas abiertas y accesibles, la longitud puede llegar hasta 100 x 2 metros. Los transectos, preferiblemente rectos, deben establecerse con al menos 24 horas de anticipación al primer día de inventario. Según el MINAM (2015), el tiempo de muestreo varía entre 30 y 45 minutos (horas/hombre), y dichos transectos se disponen perpendicularmente a una distancia de 5 a 10 metros del acceso, camino o sendero. La separación entre transectos varía entre 50 y 250 metros (Rueda et al., 2006; Doan, 2003). Durante las exploraciones, se realizan búsquedas visuales y auditivas a una velocidad constante para registrar anfibios y reptiles.

Es esencial evaluar cada transecto tanto de día como de noche. Se debe evitar el error común de colocar transectos a lo largo de caminos utilizados por la población local, ya que esto puede afectar positiva o negativamente la presencia de varias especies de anfibios, distorsionando la percepción de la realidad, por lo que se recomienda evitar su evaluación (Rueda et al., 2006; Von May et al., 2010).

Detección directa fuera de las metodologías descritas

Los registros oportunos, también denominados registros casuales u observaciones fortuitas, aportan información valiosa sobre la presencia

de anfibios y reptiles en una localidad (Manzanilla et al., 2000). A pesar de generar datos significativos a nivel local, no deben tenerse en cuenta en los cálculos de índices de diversidad (Manzanilla et al., 2000). Estos datos resultan útiles para la evaluación cualitativa, abordando aspectos como la composición, la curva de acumulación de especies y la similitud.

B. Técnicas y métodos específicos por región geográfica

Los enfoques para evaluar la composición, abundancia y diversidad de herpetofauna, se basan en unidades de cobertura vegetal. Además de los métodos de muestreo previamente mencionados líneas arriba, se emplean metodologías complementarias como las parcelas de hojarasca, cercas de desvío y trampas de caída (MINAM,2015). La primera metodología se empleada para medir la densidad de especies terrestres, aunque requieren un trabajo exhaustivo y pueden necesitar desbrozar toda el área. Por otro lado, las cercas de desvío y las trampas son efectivas en áreas sin actividad humana, siendo útiles para especies poco conspicuas que se sospecha que se distribuyen en áreas limpias. El Cuadro N° 9 presenta la metodología de evaluación aplicada a las unidades de cobertura vegetal del tipo Pajonal de puna (MINAM, 2015).

CUADRO N° 9: Metodología para evaluación herpetológica en Pajonal andino

Unidad de cobertura vegetal	Búsqueda por encuentro visual	Parcelas de hojarasca
Pajonal de puna	Metodología principal	Metodología complementaria

Fuente: (MINAM, 2015)

2.2.12. Estimación de parámetros biológicos

El objetivo del inventario es proporcionar datos para el cálculo y análisis de parámetros biológicos (Moreno C. , 2001), lo que permite caracterizar y

cuantificar indicadores como la riqueza, abundancia y diversidad alfa y beta. Estos datos son esenciales para realizar comparaciones tanto cuantitativas como cualitativas entre distintos puntos y períodos de monitoreo de la biodiversidad (MINAM,2015). La diversidad se evalúa mediante medidas estadísticas que relacionan la riqueza específica con la abundancia (Moreno,2001).

➤ **Riqueza de especies (S)**

La riqueza de especies se evalúa mediante el número total de especies presentes en una ubicación o área determinada, sin considerar su importancia o abundancia relativa (Moreno C., 2001), siendo también conocida como riqueza específica. Este parámetro es considerado como el más sencillo y comparativo de la biodiversidad (Angulo et al., 2006).

➤ **Abundancia (N)**

La abundancia absoluta (N) se define como el número total de individuos registrados en una o más comunidades durante un inventario. En contraste, la abundancia relativa (ni%) se conceptualiza como el número de individuos de una especie en relación con el total de individuos presentes en la comunidad o unidades muestrales (Magurran, 2004).

$$Ni\% = \left(\frac{ni}{N}\right) * 100$$

➤ **Índices de equidad**

A. Índice de equidad de Shannon-Wiener (H')

Este índice evalúa el nivel medio de incertidumbre al intentar predecir a qué especie pertenecerá un individuo elegido al azar. Se fundamenta en la suposición de que los individuos se eligen de forma aleatoria y que todas las especies están presentes en la muestra. La diversidad de especies

representa un atributo crucial de las comunidades y se evalúa mediante la heterogeneidad y uniformidad de estas, según lo planteado por Peet (1974). Este concepto de diversidad comprende dos factores: el número de especies presentes y la abundancia relativa de las mismas (Krebs, 1989; Magurran, 1991).

La expresión matemática para calcular este índice (H') es la siguiente:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \log_2(P_i)$$

Donde:

H' = índice de diversidad Shannon

Pi = Abundancia relativa de la especie i

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

Siendo:

ni = Número de individuos de la especie i presentes en la muestra

N = Total de individuos presentes en la muestra

Si una comunidad de S especies es homogénea, con una especie dominante y las otras S-1 especies apenas presentes, la incertidumbre será menor que si todas las S especies fueran igualmente abundantes. Es decir, al seleccionar un individuo al azar, en el primer caso habrá una mayor certeza (menor entropía) de que pertenezca a la especie dominante, mientras que en el segundo caso la probabilidad será la misma para cualquier especie (Pla, 2006). El valor de H' está limitado entre 0 y log(S), donde "S" es el número total de especies (MINAM, 2015). En comunidades con baja diversidad, tiende hacia cero, mientras que, en comunidades con máxima equidad, equivale al logaritmo de la riqueza

específica (H'_{max}). Este índice aumenta a medida que: incrementa la riqueza y los individuos se distribuyen más homogéneamente entre todas las especies (Somarriba, 1999).

B. Índice de Margalef (DMg)

En ecología, este índice se emplea para evaluar la biodiversidad de una comunidad mediante el análisis de la distribución numérica de los individuos de las diversas especies dentro de la muestra examinada. Este índice transforma el número de especies por muestra a una proporción en la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra (Magurran, 2004). El índice fue propuesto por el biólogo y ecólogo catalán Ramón Margalef y se expresa de la siguiente manera:

$$D_{mg} = \frac{(S - 1)}{\ln N}$$

Siendo:

S = Número de especies

N= Número total de individuos

Según, (CESEL,2021), los valores inferiores a 2 son considerados como zonas de baja biodiversidad, y valores superiores a 5, como indicativos de alta biodiversidad. El resultado es cero cuando hay una sola especie.

C. Índice de equidad pielou (J')

Este índice mide la similitud en la abundancia de las distintas especies y varía entre 0 (indicando la presencia de una sola especie) y 1 (todas las especies tienen el mismo número de individuos). Esta métrica evalúa la proporción de la diversidad observada en relación con la máxima diversidad esperada (Magurran, 1988, citado por Moreno, 2001). La fórmula empleada para calcular este índice es la siguiente:

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Siendo:

H' = índice de Shannon

H'_{max} = Diversidad máxima

➤ **Índices de dominancia**

A. Índice de Simpson (λ)

Es un parámetro utilizado para medir la riqueza de organismos. En ecología, se emplea para cuantificar la biodiversidad de un hábitat y está notablemente influenciado por la importancia de las especies más dominantes (Magurran, 1988; Peet, 1974). Es capaz de discriminar las especies menos abundantes, otorgando mayor peso a aquellas que son dominantes en el ecosistema. Dado que su valor es inverso a la dominancia, la diversidad puede calcularse como $1 - D$ (Krebs, 1989). El índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\lambda = \sum P_i^2$$

Donde:

P_i = Abundancia relativa de la especie i

Este índice otorga mayor importancia a las especies más frecuentes y menor importancia a las especies poco comunes. Similar al índice de Shannon, no ofrece una interpretación más allá de la probabilidad de selección aleatoria de una especie en esa comunidad (MINAM,2015).

➤ **Diversidad beta**

El índice de similitud beta aborda la variación en el número de especies entre diferentes hábitats dentro de un mismo ecosistema (MINAM, 2015). Este

índice compara la similitud entre dos comunidades de forma cualitativa, considerando la ocurrencia y no ocurrencia de especies, y cuantitativa cuando se tienen en cuenta la abundancia de las especies. Los resultados de esta comparación se expresan en una escala que va desde 0, indicando completa disimilitud, hasta 1, que significa completa similitud (Krebs, 1999). Entre los más frecuentes se encuentra el índice de Jaccard (MINAM, 2015).

A. Coeficiente de similitud de Jaccard (I_j)

El índice de similitud de Jaccard evalúa el grado de similitud entre dos muestras en función de las especies que comparten, especialmente diseñado para datos cualitativos. Se expresa mediante una fórmula que se centra en el cambio de especies entre dos muestras (Magurran, 1988; Baev, 1995; Pielou, 1975).

$$I_j = \frac{C}{a + b - c}$$

Donde:

a = Número de especies presentes exclusivamente en el sitio A

b = Número de especies presentes exclusivamente en el sitio B

c = Número de especies presentes en ambos sitios A y B.

El rango de valores para este índice fluctúa entre 0, indicando una ausencia total de especies compartidas entre los sitios comparados, y 1, señalando una completa similitud en la composición de especies entre los sitios.

Estos índices pueden calcularse con base en datos cualitativos o cuantitativos de manera directa, o a través de métodos de ordenación o clasificación de las comunidades (Baev y Penev, 1995).

2.2.13. Especies legalmente protegidas

➤ Decreto Supremo N.º 043-2006-AG

El 13 de julio de 2006, se aprobó la Categorización de Especies Amenazadas de Flora Silvestre mediante el Decreto Supremo N° 043-2006-AG. Para la clasificación oficial de las especies amenazadas de flora silvestre en el Perú, se emplearon como referencia los criterios y categorías establecidos por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). Según esta lista, las especies pueden ser clasificadas en las siguientes categorías de amenaza: En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU) y Casi Amenazado (NT). (OSINFOR, 2013)

➤ Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI

El 8 de abril de 2014, se aprobó la actualización y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas mediante el Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI. Las especies en riesgo han sido clasificadas en las categorías de En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN) y Vulnerable (VU). Además, se han incorporado las categorías de Casi Amenazada (NT) y Datos Insuficientes (DD) como medida precautoria para garantizar la conservación de las especies mencionadas en dichas categorías, como se especifica en el Anexo I del decreto (MINAGRI, 2014).

➤ Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN

La creación de este inventario global se remonta a 1964, siendo el registro más completo del estado de conservación de las especies de animales y plantas a nivel mundial. Destaca por su sólido fundamento

científico y reconocimiento a nivel internacional (IUCN,2023). Emplea un conjunto uniforme de criterios estandarizados para evaluar el riesgo de extinción de miles de especies y subespecies. Es necesario mencionar que, a pesar de utilizar la misma categoría, la lista nacional y de la IUCN no siempre coincide con respecto a la asignación a una misma especie, esto se debe a la información que proporcionan los expertos locales (IUCN, 2017).

Esta lista proporciona una guía sobre dónde y qué acciones se deben llevar a cabo para salvar a los elementos fundamentales de la naturaleza de la extinción. Al ofrecer una gran cantidad de información útil sobre las especies, permite que se considere la biodiversidad en los procesos de toma de decisiones. Actualmente, la Lista Roja de la UICN contiene información sobre más de 157,100 especies, con más de 44,000 especies amenazadas de extinción, incluyendo el 41% de los anfibios, el 37% de los tiburones y rayas, el 36% de los corales formadores de arrecifes, el 34% de las coníferas, el 26% de los mamíferos y el 12% de las aves (IUCN, Lista roja de especies amenazadas, 2024).

➤ **CITES**

La Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES), firmada en Washington el 3 de marzo de 1973, establece un marco jurídico y procedimientos comunes a nivel internacional para regular el intercambio comercial de especies amenazadas, las cuales están incluidas en sus apéndices.

Este convenio tiene como objetivo asegurar un monitoreo efectivo del comercio legal. Los estados que son parte de la convención promulgan su propia legislación nacional para garantizar la aplicación e implementación de la CITES en su territorio (MINAM, 2018).

El artículo II de la Convención establece los apéndices, dentro de los cuales el Apéndice I engloba todas las especies en peligro de extinción que podrían verse afectadas por el comercio. Estas especies están sujetas a una regulación estricta para garantizar su supervivencia y solo se autorizan en circunstancias excepcionales (MINAM, 2018).

El Apéndice II comprende especies que, aunque no están actualmente amenazadas de extinción, podrían enfrentar ese riesgo si no se controla rigurosamente el comercio de sus ejemplares, con el fin de prevenir un deterioro significativo en su viabilidad poblacional. También abarca especies que no están siendo comercializadas pero que requieren regulación para permitir un control efectivo del comercio. Por último, el Apéndice III incluye especies que alguna de las partes ha regulado en su jurisdicción para evitar la explotación no sostenible y que exigen la colaboración de otras entidades en la regulación de su comercio. La última actualización de la lista de especies en los apéndices tuvo lugar el 25 de noviembre de 2023 (CITES, 2023).

Perú adoptó la Convención CITES el 21 de enero de 1975 mediante el Decreto Ley N° 21080. En términos de CITES, la convención y sus apéndices son de obligatorio cumplimiento (MINAM, Listado de especies de flora silvestre CITES - Perú, 2018). Para cumplir con estos

compromisos, Perú cuenta con varios instrumentos jurídicos, incluido el Reglamento para la Implementación de CITES en el Perú y sus modificaciones (D. S. N° 030-2005-AG y D. S. N° 001- 2008-MINAM), el Decreto Legislativo N° 635 que aprueba el Código Penal, la Ley Forestal y de Fauna Silvestre, y la Ley General de Pesca. La regulación en el país se realiza mediante la coordinación entre las autoridades administrativas, la autoridad científica (el Ministerio del Ambiente) y entidades de observancia para garantizar la implementación efectiva de CITES. Actualmente, CITES ofrece protección a más de 30,000 especies de flora en todo el mundo, mientras que, en cuanto a la fauna silvestre, Perú cuenta con 568 especies incluidas en los Apéndices I y II, según el Listado de Fauna Silvestre de CITES Perú 2023.

El Ministerio de Agricultura tiene competencia administrativa sobre las especies terrestres, incluyendo anfibios y flora acuática emergente, mientras que el Ministerio de Producción se encarga de las especies hidrobiológicas, tanto marinas como continentales, clasificadas en los Apéndices I, II o III de la convención.

2.2.14. Endemismos

El término endemismo abarca diversas interpretaciones, entre ellas la referida a entidades biológicas cuya distribución geográfica está restringida a un área definida en la naturaleza (Gaston, 1994). Según León et al. (2006), el concepto de endemismo resulta fundamental para delimitar y establecer los propósitos de una estrategia de conservación de la biodiversidad en un ámbito geográfico determinado.

Las especies endémicas se distinguen por estar restringidas a una ubicación geográfica particular, sin presencia natural en ningún otro lugar del mundo. Esta limitación puede ser el resultado de procesos evolutivos a lo largo del tiempo o de condiciones ambientales únicas en esa región, lo que lleva al desarrollo de adaptaciones exclusivas a ese entorno. Son cruciales para la conservación debido a su exclusividad y adaptación específica, pero son altamente vulnerables a los cambios ambientales, lo que puede amenazar su supervivencia. Para la determinación de especies de flora autóctonas en el ámbito nacional, se recurre al Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Perú (Leon et al., 2006). No obstante, en el caso de las especies endémicas de fauna, carecemos de una recopilación específica en forma de libro rojo, siendo los estudios previos o publicaciones taxonómicas los únicos recursos disponibles.

2.2.15. Especies indicadoras

Las especies indicadoras son organismos que reflejan el estado del entorno que los rodea, siendo frecuentemente los primeros en un ecosistema en verse afectados por perturbaciones ambientales (Daly, 2023).

Los anfibios, como ranas y sapos, son excelentes indicadores de contaminación debido a su piel permeable, que absorbe oxígeno y toxinas. Son altamente sensibles a cambios en la calidad del aire y el agua, lo que ha resultado en una disminución global de sus poblaciones y el desarrollo de deformidades en algunos casos. A continuación, se presentan algunos criterios recomendados por (Noss, 1999) y (Carignan & Villard, 2002) para la selección de especies indicadoras, junto con algunas propuestas adicionales.

Es fundamental considerar que el orden de los siguientes factores no refleja una prioridad en la selección: importancia ecológica, indicación de

perturbación antrópica, sensibilidad o vulnerabilidad local según criterios profesionales, y abundancia de la especie. Además, se puede considerar la inclusión de especies legalmente protegidas (MINAM, 2015, pp. 64) como parte del criterio de selección.

2.2.16. Ubicación de la zona de estudio

➤ Ubicación

El Depósito de Desmontes Excélsior es uno de los pasivos ambientales mineros situados en Cerro de Pasco, en la sierra central del Perú.

La responsabilidad de su remediación fue asignada a AMSAC. Ubicado a una altitud de 4,266 metros sobre el nivel del mar, se encuentra aproximadamente a 370 kilómetros al este de la ciudad de Lima, en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco (CESEL, 2017). Se localiza en el siguiente sistema de referencia de coordenadas UTM WGS84, Zona 18 sur.

CUADRO N° 10: Coordenadas referenciales de la Desmontera Excélsior

VERTICE	Coordenadas UTM (datum WGS84) – Zona 18S	
	Norte (m)	Este (m)
PO-01	8 818 091,393	360 225,155
PO-02	8 818 231,504	359 908,829
EX1	8 818 982,930	360 893,294
EX2	8 818 708,755	360 526,512
EX3	8 818 088,590	360 324,889
EX4	8 817 404,192	360 086,500
EX5	8 818 063,635	361 122,552
EX6	8 818 230,750	361 411,332
EX7	8 818 676,489	361 584,091

Fuente: CESEL, 2017.

El Depósito de Desmontes Excélsior, representaba un desafío ambiental que requería acciones de remediación por parte de AMSAC

para mitigar los impactos negativos en el ecosistema y proteger a las comunidades locales. El objetivo principal fue tratar la acumulación de desmontes mediante diversas intervenciones, como mejoramiento del suelo, revegetación y acciones para garantizar la estabilidad física, hidrológica y química.

Estas medidas buscan cerrar definitivamente este pasivo ambiental y minimizar los impactos ambientales, lo que a su vez contribuye a salvaguardar la salud, la seguridad pública y el medio ambiente en la región. Este enfoque integral busca mitigar los efectos adversos de la actividad minera previa y establecer condiciones ambientales más sostenibles en el área afectada.

FIGURA N° 8: Depósito de Desmontes Excélsior (2018 – 2022)



Fuente: Consorcio San Camilo.

➤ **Datos históricos**

Según CESEL (2017), el Depósito de Desmontes Excélsior se formó con desechos mineros del tajo abierto Raúl Rojas de Cerro de Pasco, acumulando alrededor de 50 millones de toneladas métricas de desmontes entre los años 1956 y 2000, provenientes de las

concesiones como Cerro de Pasco Copper Corporation y Centromín Perú. En septiembre de 1999, Centromin Perú S.A. transfirió sus operaciones a Compañía Minera Volcán S.A.A., dividiendo las responsabilidades ambientales definidas en el PAMA. Centromin Perú se quedó con el cierre de pasivos ambientales, incluyendo los depósitos Quiulacocha y Excélsior.

El depósito de desmontes Excélsior contenía aproximadamente 0.15% de cobre, 0.66% de plomo, 2.42% de zinc, 23.4% de hierro y entre 25 a 67 g de plata por tonelada. El Ministerio de Energía y Minas aprobó en 1989 la Denuncia Minera de Explotación de Relaves "El Metalurgista", la cual caducó en 2005. Centromin Perú llevó a cabo acciones legales para evitar la entrada de aguas de escorrentía e industriales a los depósitos de Excélsior y Quiulacocha, y para eliminar la descarga de estos efluentes en los ríos Ragra y San Juan. Estas acciones ejecutadas son las siguientes:

- a. La construcción de los canales de coronación izquierdo y derecho para coleccionar, conducir y evacuar las aguas de escorrentía de las laderas adyacentes, pero que son utilizados también para recibir y evacuar las aguas servidas de la población de Cerro de Pasco y las aguas industriales procedentes de las operaciones de Volcán Cía. Minera, respectivamente;
- b. La construcción de un sistema de bombeo para las aguas de Quiulacocha;
- c. El reforzamiento del dique del depósito de relaves Quiulacocha; y

d. La construcción de un sistema para colección de las filtraciones de aguas a través del dique del depósito de relaves Quiulacocha.

Producto de las filtraciones desde las áreas aledañas, ingresaron aguas subterráneas, las mismas que afloraban a superficie al pie de depósito de desmontes Excélsior y fueron embalsadas en el extremo inferior del depósito de relaves Quiulacocha, constituyendo un caudal permanente de aguas ácidas (pH de 2.8) y elevados contenidos de metales pesados en solución, principalmente Fierro (4 800 mg/l) y Zinc (625 mg/l). A fin de evitar que estas aguas ácidas sean vertidas al Rio San Juan, desde el año 1995, Centromin Perú instaló y operó un sistema de bombeo de las mismas, hacía el depósito de relaves operativo Ocroyoc para su neutralización, mezclándolas con los relaves frescos de la planta concentradora Paragsha, que contenían cal residual del proceso de la flotación de Zinc (pH alrededor de 10). Práctica que continúa a la fecha a cargo de Activos Mineros S.A.C.

Con el propósito de ubicar las fuentes de ingreso de estas aguas subterráneas al depósito, Activos Mineros realizó dos estudios Hidrogeológicos, uno realizado por CESEL, mediante dos perforaciones roto percutivas que se ubicaron a la altura del Poblado de Champamarca (profundidad de hasta 40.1.m) para interceptar las aguas que provienen de la zona del Club de Golf, lo que motivó el diseño de una Pantalla Interceptora Hidráulica de inyección de concreto con el propósito de interceptar aguas subterráneas que ingresaban hacia el depósito Excélsior por el lado de Champamarca. En el año 2008, Activos Mineros S.A.C. contrató a la Consultora

HIDROENERGIA Consultores en Ingeniería S.R.L. para la realización del segundo estudio Hidrogeológico en los Depósitos de Relaves Quiulacocha y Desmontes Excélsior. El Estudio se basó a su vez en un Estudio Geológico en la zona; en los resultados de un total de 32 líneas de refracción sísmica (5 750m) y 12 perforaciones con instalación de piezómetros para calidad de aguas subterráneas; y en el análisis de la información meteorológica de la zona.

Al reactivarse en mayo de 2012 la Concesión de Relaves “El Metalurgista”, AMSAC, decide contratar la elaboración del Plan de Cierre solo para el Depósito de Desmontes Excélsior, Plan de Cierre que fue presentado para su aprobación a la DGAAM con Carta N°130-2012-AM/GG del 29 de febrero de 2012, y fue aprobado por la DGAAM mediante R.D. N°253-2012-MEM/DGAAM del 07 de agosto de 2012. En noviembre del 2017, se inició con la ejecución del Proyecto “PLAN DE CIERRE DEL DEPÓSITO DE DESMONTES EXCÉLSIOR – CERRO DE PASCO”.

En la actualidad, el proyecto se encuentra en su última fase de remediación ambiental. Las obras de cierre del desmonte, comprende la ejecución de las siguientes actividades:

- Trabajos preliminares y complementarios
- Estabilidad física
- Estabilidad hidrológica
- Cobertura y revegetación
- Sistema de riego
- Cerco de protección

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Desmontera

Una desmontera es un área donde se depositan residuos industriales, de construcción o mineros de manera inadecuada, con riesgos para la seguridad humana y el medio ambiente. Estos residuos no son gestionados municipalmente y pueden almacenarse temporal o permanentemente.

2.3.2. Restauración ecológica

Comprende la intervención dirigida a recuperar la funcionalidad y estructura de ecosistemas degradados, dañados o destruidos, con el propósito de conservar y rehabilitar el capital natural y los servicios ecosistémicos para el beneficio de la sociedad.

2.3.3. Especie endémica

Las especies endémicas son aquellas que se encuentran exclusivamente en una ubicación específica, aunque este término puede variar dependiendo del alcance geográfico, que puede ser desde un continente hasta un bioma.

2.3.4. Especie legalmente protegida

Es un organismo animal o vegetal que está legalmente resguardado por regulaciones específicas, lo que implica la prohibición de actividades como la caza, tenencia, captura, venta o exterminio.

2.3.5. Especies amenazadas

Las especies amenazadas son aquellas que se encuentran en riesgo de extinción en un futuro próximo si no se toman medidas adecuadas de conservación. Esto puede ser el resultado de varios factores, como la pérdida de hábitat, la caza excesiva, la contaminación, las enfermedades y el cambio climático.

2.3.6. Especies bioindicadoras

Son organismos usados para evaluar la calidad ambiental y la integridad de un ecosistema, debido a su alta sensibilidad a cambios en el aire, agua o suelo. Su presencia, ausencia o estado de salud proporcionan información crucial sobre el impacto de factores estresantes en el ecosistema.

2.3.7. Degradación de un ecosistema

La degradación de un ecosistema se refiere al deterioro o pérdida de sus características naturales y funciones debido a actividades humanas o fenómenos naturales, lo que afecta negativamente su capacidad para sostener la vida y proveer servicios ecosistémicos.

2.3.8. Datos Insuficientes (DD)

En esta categoría se asigna a una especie cuando la información disponible sobre la distribución y/o el estado de su población es insuficiente para evaluar su riesgo de extinción. Aunque el taxón haya sido ampliamente estudiado y se comprenda su biología, la falta de datos adecuados sobre su abundancia y distribución impide una evaluación precisa de su estado de conservación (IUCN,2023).

2.3.9. No Evaluado (NE)

Cuando un taxon no ha sido evaluado conforme a los criterios establecidos por la IUCN, se le considera No Evaluado (NE). En su publicación, la Lista Roja de la IUCN no incluye a las especies que se encuentran bajo esta categoría.

2.3.10. Casi Amenazado (NT)

Se clasifica como Casi Amenazado a una especie cuando, previa a una evaluación, no cumple con los criterios para ser catalogada como En Peligro

Crítico, En Peligro o Vulnerable, pero existe una alta probabilidad de que lo haga en un futuro próximo (IUCN,2023).

2.3.11. Preocupación Menor (LC)

Una especie se clasifica como Preocupación Menor cuando, tras una evaluación exhaustiva, no cumple con los criterios que definen las categorías de En Peligro Crítico, En Peligro, Vulnerable o Casi Amenazado (IUCN,2023).

2.3.12. En Peligro (EN)

Una especie se clasifica como En Peligro (EN) cuando la evidencia disponible indica que cumple cualquiera de los criterios que justifican su inclusión en esta categoría, lo que indica un riesgo de extinción muy alto en su hábitat silvestre (IUCN,2023).

2.3.13. Vulnerable (VU)

Un taxón es Vulnerable (UV) cuando la que cumple cualquiera de los criterios consiguiente, se considera que se encuentra en extinción alto en estado de vida silvestre.

2.3.14. En Peligro Crítico (CR)

Una especie se designa como en Peligro Crítico cuando la evidencia disponible señala que satisface cualquiera de los criterios que fundamentan su asignación a esta categoría. Esto refleja un riesgo de extinción sumamente alto en su estado silvestre (IUCN,2023).

2.3.15. Extinto (EX)

Un taxón se clasifica como Extinto (EX) cuando no existen dudas acerca de la muerte del último individuo y las búsquedas minuciosas llevadas a cabo en sus hábitats conocidos y previstos, dentro de su área natural, no han logrado avistar ningún ejemplar de esa especie (IUCN,2023).

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

- HI: La Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior guarda una relación significativa con la identificación de especies de flora y fauna en Cerro de Pasco en el año 2023.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- Se identificaron 3 especies de ornitofauna, 1 especie de herpetofauna y 1 especie de mastofauna en la remediación del pasivo ambiental minero Excelsior en Cerro de Pasco en el año 2023.
- Se identificaron 10 especies de flora en la remediación del pasivo ambiental minero Excelsior en Cerro de Pasco en el año 2023.
- El grado de efectividad en la remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior se refleja en un aumento significativo en la riqueza y abundancia de especies, así como en un incremento de especies de flora y fauna con categorías de conservación y endémicas del Perú, junto con la aparición de especies bioindicadores de la calidad ambiental.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variable independiente

- Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior (X)

2.5.2. Variables dependientes

- Especies de flora (Y1)
- Especies de fauna (Y2)

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

Consulte la definición operacional de variables e indicadores en el Cuadro N° 11.

CUADRO N° 11: Operacional de variables e indicadores

Tipo de variable	Variabes	Definición operacional	Indicadores
Dependiente	Flora	Presencia de especies de flora en la zona de influencia de la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior.	<ul style="list-style-type: none"> – Riqueza (S) y Abundancia (N) – Índice de Shannon(H'), Simpson (λ), Margalef (D_{mg}), Pielou(J') y Jaccard (Ij).
	Fauna	Presencia de especies de ornitofauna, herpetofauna y mastofauna en la zona de influencia de la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior.	<ul style="list-style-type: none"> – Riqueza (S) y Abundancia (N) – Índice de Shannon(H'), Simpson (λ), Margalef (D_{mg}), Pielou(J') y Jaccard (Ij).
Independiente	Remediación	Presencia de mayor riqueza y abundancia de especies de flora, ornitofauna, mastofauna y herpetofauna, incluyendo aquellas que están catalogadas dentro de las categorías de conservación establecidas por la legislación nacional o internacional, así como las especies endémicas del Perú.	<ul style="list-style-type: none"> – Significativo: Si incrementa la riqueza y abundancia de especies, así como la presencia de especies endémicas y aquellas clasificadas en categorías de conservación según la legislación nacional o internacional vigente, a medida que avance la ejecución del proyecto de remediación. – No significativo: Si no incrementa la riqueza y abundancia de especies, así como la presencia de especies endémicas y aquellas clasificadas en categorías de conservación según la legislación nacional o internacional vigente, a medida que avance la ejecución del proyecto de remediación.

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Según el enfoque de la investigación es de tipo cuantitativa.

Según (Polit, 2000), la investigación cuantitativa se caracteriza por la medición de variables en términos de magnitudes o cantidades específicas. En el contexto de la presente investigación, se busca identificar especies de flora y fauna (ornitofauna, herpetofauna y mastofauna) presentes en la zona de estudio y examinar la relación entre la identificación de especies de flora y fauna y la efectividad de la Remediación del depósito de desmonte de Excelsior.

Este enfoque de investigación no busca intervenir ni alterar las variables; más bien, su propósito fundamental es describir estas variables y analizar su incidencia e interrelación en un periodo de tiempo determinado.

3.2. Nivel de investigación

La investigación se sitúa en un nivel correlacional, con un enfoque predominantemente cuantitativo, aunque también se incluyen calificaciones e interpretaciones cualitativas sobre la relación mutua entre la variable independiente y la variable dependiente. En este contexto, se realiza la medición

de las variables, seguida de su cuantificación, análisis y establecimiento de vínculos, de acuerdo con Hernández et al. (2010, p. 93-94). El objetivo principal es evaluar el grado de efectividad de la remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior en Cerro de Pasco en el año 2023, utilizando la flora y fauna existente como indicadores claves.

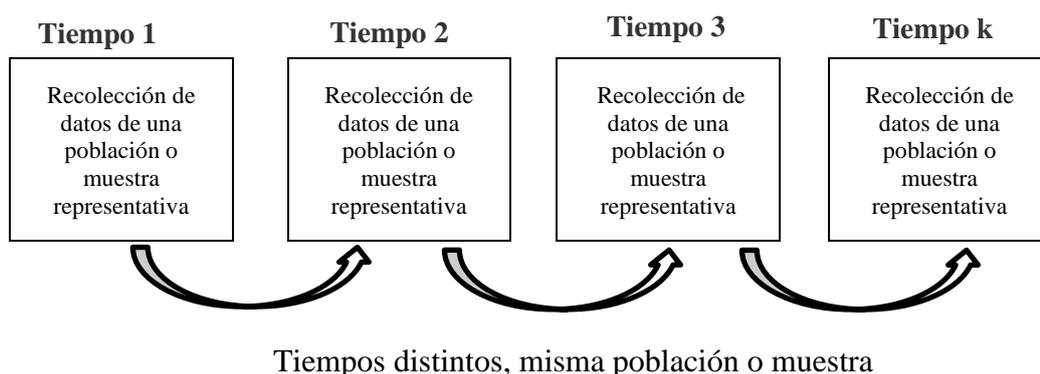
3.3. Métodos de investigación

Se optará por la utilización del método no experimental en esta investigación, caracterizado por la ausencia de manipulación deliberada de variables. En otras palabras, se trata de un enfoque de investigación en el cual no se introducen cambios intencionales en las variables independientes. El diseño de la investigación se centrará en la observación de las variables tal como se presentan en su entorno natural, con el propósito posterior de llevar a cabo un análisis detallado. Esta perspectiva metodológica coincide con la conceptualización de Kerlinger (1979, p. 116).

3.4. Diseño de investigación

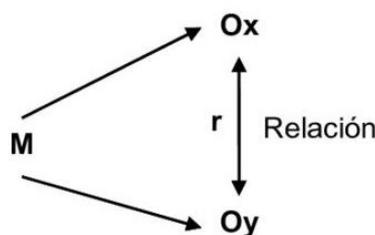
El diseño longitudinal, según (Hernández Sampieri, Fernandez Collado, & Baptista Lucia, 2010), se refiere a estudios que recopilan datos a lo largo del tiempo en diferentes puntos o períodos, con el propósito de realizar inferencias sobre la evolución, sus causas y efectos. Estos diseños generalmente se dividen en tres tipos: diseños de tendencia (trend), diseños de análisis evolutivo de grupos (cohorte) y diseños panel. Para la presente investigación, se ha optado por el diseño longitudinal de tendencia (trend), dado que se analizarán datos de monitoreos biológicos de flora y fauna desde 2018 hasta el 2022. En el gráfico N° 02, se presenta el esquema de un diseño longitudinal de tendencia.

GRÁFICO N° 2: Esquema de un diseño longitudinal de tendencia



Para medir el grado de efectividad de la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior en Cerro de Pasco en el año 2023, con la flora y fauna como indicadores clave, se empleará un diseño correlacional. Este tipo de diseño se enfoca en determinar el grado de asociación entre dos o más variables (Ccanto Mallma, 2014), y las inferencias sobre las relaciones entre variables se realizan sin intervención o influencia directa y dichas relaciones se observan tal y como se han dado en su contexto natural (Sampieri, 1999). La presente investigación correlacional se limita a establecer relaciones entre las variables sin precisar sentido de causalidad. Su esbozo es el siguiente:

GRÁFICO N° 3: Diseño de investigación



Donde:

M = Muestra.

O_x = Variable Independiente.

O_y = Variable Dependiente.

r = Relación de las variables de estudio.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población comprende todas las especies de flora y fauna presentes en el área de influencia de la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior.

3.5.2. Muestra

La muestra está conformada por todas las especies de flora y fauna (ornitofauna, herpetofauna y mastofauna) presentes en dos puntos de monitoreo biológico ubicadas dentro del área de influencia de la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior.

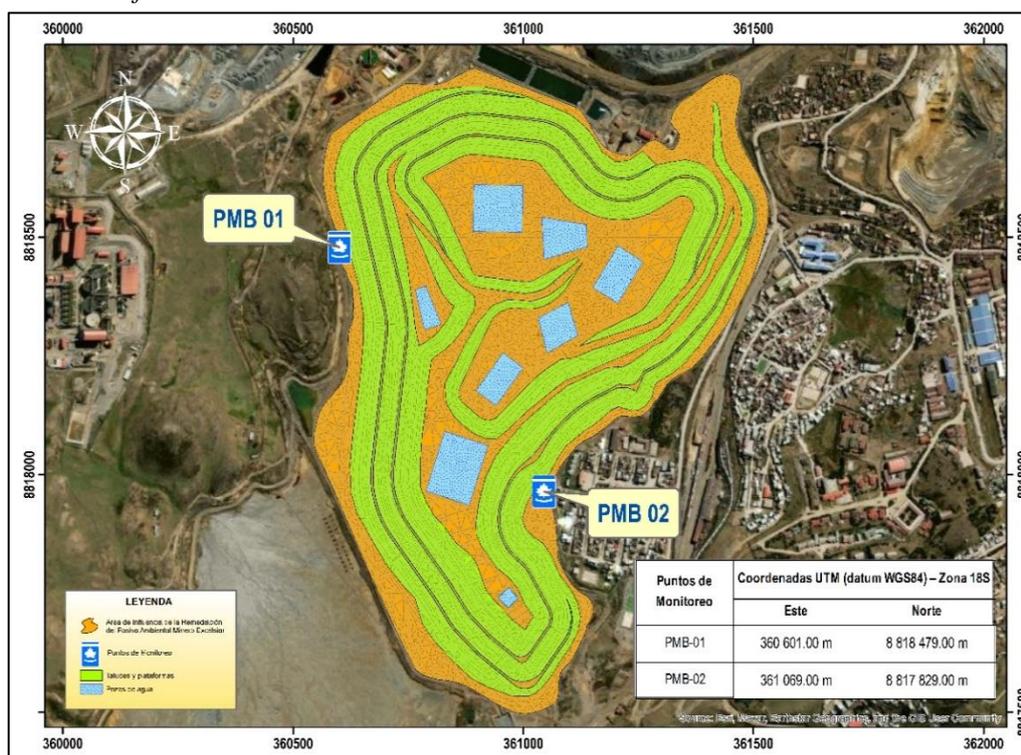
Consideraciones para la selección de los puntos de monitoreo biológico

Para el planteamiento del número de puntos de monitoreo biológico en el área de estudio, se tomaron en cuenta los siguientes criterios (CESEL,2021):

- Distribución proporcional de los puntos de monitoreo, en torno al número de componentes; vale decir para el presente estudio, corresponde a un solo componente (Depósito de Desmontes Excelsior).
- El tipo de cobertura vegetal presente en el área de influencia de la remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior.

En función de estos criterios, se optó por evaluar 2 PMB (Puntos de monitoreo biológico) dentro de la única cobertura vegetal identificada y el componente Depósito de Desmontes Excelsior. Para los fines de este estudio, los PMB se refieren a las superficies donde se ubican los transectos o puntos de conteo de cada grupo taxonómico, en una cantidad determinada por el componente biológico sujeto a la evaluación. A continuación, se presente el mapa de distribución de las muestras en la zona de estudio.

FIGURA N° 9: Distribución de los puntos de monitoreo biológico en el Área de Influencia de la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior.



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 12: Determinación de los Puntos de Monitoreo Biológico en el Área de estudio

Componente	Código	Coordenadas UTM (datum WGS84) – Zona 18S		Taxa a evaluar
		Este	Norte	
Depósito de Desmontes Excélsior	PMB-01	360 601.00 m	8 818 479.00 m	Flora, ornitofauna, herpetofauna y mastofauna
	PMB-02	361 069.00 m	8 817 829.00 m	

Fuente: Consorcio San Camilo, 2018.

En el cuadro N° 12, se presenta en detalle el sistema de referencia de coordenadas UTM, utilizando el datum WGS 84 y correspondiente a la zona 18S, para los puntos de monitoreo. Los grupos taxonómicos seleccionados para la evaluación en este estudio incluyen la flora, aves, mamíferos, anfibios y reptiles. Estos han sido tradicionalmente utilizados como indicadores para estimar la diversidad.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Las técnicas empleadas para la presente investigación son:

- Observación científica
- Análisis documentario de los monitoreos biológicos de flora y fauna.
- Entrevista no estructurada

3.6.2. Instrumentos

Los instrumentos que se usó para la siguiente investigación son:

- Guías de análisis documentario
- Ficha de registro de datos (inventario)

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La selección, validación y garantía de confiabilidad de los instrumentos de investigación en esta tesis fueron realizadas por expertos en el campo de la investigación y la biología.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- Organización sistemática de los datos
- Codificación de datos
- Tabulación
- Elaboración de herramientas visuales como mapas temáticos, gráficos de dispersión, gráfico de barras, gráficos circulares, histogramas, entre otros.
- Análisis e interpretación.

3.9. Tratamiento Estadístico

En el tratamiento estadístico de la información biológica recolectada entre los años 2018 y 2022, se emplearon herramientas especializadas. Microsoft Excel 2021 facilitó el almacenamiento, organización y análisis detallado de los datos.

ArcGIS 10.8 se utilizó para la creación de mapas temáticos de la zona de estudio. Por otro lado, PAST 4.03 fue crucial para calcular parámetros biológicos relacionados con la flora y fauna. Para la prueba de hipótesis, se empleó el software Jamovi para realizar la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk y el coeficiente de correlación Pearson. Esta combinación de herramientas garantizó un tratamiento exhaustivo de los datos, asegurando la validez y confiabilidad de los resultados en este estudio biológico.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica

Durante la realización de la tesis, se implementaron principios éticos y metodológicos rigurosos para salvaguardar la integridad y excelencia de la investigación, promoviendo así la confianza y legitimidad de los resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

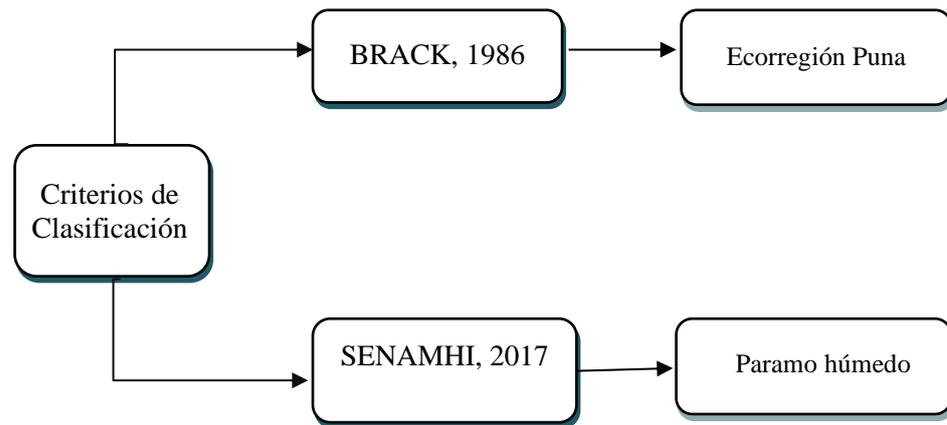
4.1.1. Descripción del área de estudio

La investigación se desarrolló en la zona de influencia de la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior. En este contexto, es importante describir los ecosistemas y la cobertura vegetal del área de estudio.

4.1.1.1. Ecosistemas

Los ecosistemas en el área de estudio fueron identificados mediante la aplicación de los sistemas peruanos de clasificación ecológica. Específicamente, se utilizó el Mapa de Ecorregiones (Brack, 1986) a escala regional, así como el Mapa Ecológico del Perú del Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA, 1994), los cuales definen diversas zonas de vida. De acuerdo con el sistema de clasificación de las ecorregiones naturales y el mapa de zonas de vida elaborado por SENAMHI, se determinó que el área de estudio corresponde a la Ecorregión Puna y a una zona de vida de tipo Páramo húmedo.

GRÁFICO N° 4: *Criterios de clasificación de ecosistemas*



Fuente: Elaboración propia

A. Ecorregión Puna

La región de puna abarca altitudes que van desde los 3,800 hasta los 6,768 metros sobre el nivel del mar (Beraún & Villanueva, s.f.), con un clima extremadamente riguroso, caracterizado por bajas y medias temperaturas, y notables variaciones diurnas y nocturnas. Se experimentan vientos fríos y secos, con marcadas diferencias térmicas. Predominan dos tipos de climas: el frío o de puna, entre 4,000 y 5,000 msnm, con una precipitación promedio anual de 700 mm y temperaturas anuales de 6 °C; y el gélido, por encima de 5,000 msnm, con temperaturas promedio bajo 0 °C. El relieve es variado, con suelos andosoles y Paramosoles, siendo notables las variaciones en su origen.

La región se caracteriza por la abundancia de recursos hídricos en estado líquido y sólido, presentes en forma de ríos, quebradas, lagos y lagunas, así como en glaciares. Existen diversos tipos de lagos y lagunas, ya sean de aguas salobres (Parinacochas, Salinas, Loriscota, etc.) o dulces, siendo estos últimos la mayoría; algunos presentan

vegetación acuática, como totorales y plantas flotantes. Por encima de los 5,200 msnm, se encuentran glaciares, distribuidos de manera puntual (Brack & Mendiola, 2000).

En cuanto a las formaciones vegetales, los pajonales son predominantes acompañados de tólares, bosques de queñua, rodales de ccara y almohadilladas.

La fauna muestra una composición característica del ecosistema andino, con la presencia de especies autóctonas como los camélidos sudamericanos, así como una diversidad de formas de vida adaptadas a las condiciones específicas de la región.

B. Zona de Vida - Paramo Húmedo

La caracterización bioclimática del área de estudio, se destaca por un clima frío con temperaturas diurnas templadas y nocturnas frecuentemente bajo el punto de congelación. Esta zona abarca 24,165 km² en los Andes (ONERN, 1976), siendo una de las más extensas en la región altoandina, geográficamente, ocupan las partes orientales de los Andes en sus porciones Norte, Centro y Sur, entre los 3 900 y 4 500 msnm (INRENA, 1994).

La topografía heterogénea abarca desde terrenos suavemente inclinados hasta áreas onduladas y colinadas, incluyendo la Pampa de Junín y mesetas elevadas con laderas de moderada a pronunciada inclinación y afloramientos rocosos.

Los suelos, mayormente de origen volcánico, son de textura media y ácidos, clasificándose como Paramo Andosoles o Paramosoles, con presencia de Cambisoles eutrícos y Rendzimas debido a materiales

calcáreos. Se identifican Gleysoles con problemas de drenaje, Histosoles orgánicos y Litosoles de escasa profundidad (INRENA, 1994).

La comunidad vegetal en esta área presenta una variada amalgama de gramíneas y otras hierbas de carácter perenne. Según (INRENA,1994), entre las especies predominantes se encuentran *Festuca dolycophylla*, *Festuca orthophylla*, *Calamagrostis antoniana*, *Calamagrostis intermedia*, *Calamagrostis vicunarum*, *Stipa brachyphylla*, *Stipa ichu*, *Stipa obtusa* y *Stipa conspicua*. Además de estas especies dominantes, se encuentran otras tales como “grama salada”, *Distichia humilis*, *Bromus sp.*, *Trifolium amabile*, “grama dulce”, *Muhlenbergia ligularis*, *M. peruviana*, *Alchemilla pinnata*, *Poa gymnantha*, *P. annua*, *Paspalum sp.*, *Bromus lanatus*, *Agrostis breviculmis*, *Luzuma racemosa*, *Hypochoeris elata*, *H. stenocephala* y *H. imayeniana*. y, debido al pastoreo intensivo, proliferan especies como *Chuquiragua huamanpinta*, *Adesmia spinosissima*, *Astragalus garbancillo* y *Aciachne pulvinata*.

4.1.1.2. Cobertura vegetal

Según el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015), la categorización asignada al área de influencia de la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior corresponde a la unidad de cobertura identificada como centro minero, representada por el símbolo Mi. Sin embargo, es importante destacar que la naturaleza intrínseca de esta región se ajusta más a una cobertura de tipo Pajonal Andino (Pj), principalmente debido a que los alrededores con considerados del tipo Pj.

A. Pajonal Andino (Pj)

Antes de la influencia del Depósito de Desmontes Excelsior, el área de estudio naturalmente evidencia una formación vegetal específica conocida como Pajonal Andino, subtipo césped de puna. Esta cobertura vegetal se caracteriza por presentar terrenos que muestran una topografía mayormente plana o colinas con pendientes suaves. Los suelos presentan una composición pedregosa y una ligera humedad.

Según (PRODERN 2012a y 2012b), este subtipo engloba plantas de porte bajo, principalmente gramíneas, donde prevalecen familias botánicas como *Poaceae*, *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Solanaceae*, *Rosaceae* y *Juncaceae*, y se destacan especies notables, incluyendo *Calamagrostis rigescens*, *Calamagrostis vicunarum*, *Scirpus rigidus*, *Aciachne pulvinata*, *Gamochaeta americana*, *Lachemilla pinnata* y *Stipa conspicua*, entre otras us, *Aciachne pulvinata* y *Stipa conspicua*, entre otras.

4.1.2. Recolección de datos

4.1.2.1. Trabajo de gabinete

Se realizó una revisión exhaustiva de la información disponible, que incluyó la consulta de literatura en colecciones científicas de herbarios y/o museos, plataformas de los Ministerios del Ambiente y Agricultura, registros publicados, publicaciones en revistas científicas, así como datos no publicados proporcionados por el Consorcio San Camilo, consultoras ambientales responsables de los monitoreos, Activos Mineros y el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).

Durante el proceso de recopilación de datos para la evaluación de las Taxas seleccionadas, se emplearon metodologías estandarizadas para la elaboración de inventario de especies y el cálculo de parámetros biológicos (véase Cuadro N° 13). Entre las metodologías utilizadas se incluyen la Guía de Inventario de la Flora y Vegetación, aprobada por Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM, y la Guía de Inventario de la Fauna Silvestre, aprobada por Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM.

Los parámetros específicos a considerar para el análisis biológico, fueron los siguientes:

CUADRO N° 13: Parámetros para evaluación de flora, ornitofauna, mastofauna y herpetofauna.

Datos	Parámetros	Análisis
Ecosistema	Cobertura vegetal y Zonas de vida	Mapa temático de Cobertura Vegetal y zonas de vida.
De composición	Composición taxonómica	Nombre común o científico, Especies, Generos, Familias, Ordenes, Clases, División y Reino.
	Riqueza	Número de especies
	Abundancia	Número de individuos
Estructurales	Diversidad	Índices de Shannon, Simpson, Margalef, Pielou
	Sensibilidad y endemismo	D.S. N° 004-2014-MINAGRI, D.S. N° 043-2006 AG; Listas CITES 2023; Lista Roja IUCN 2023, Especies Endémicas y mapas temáticos.

Fuente: Elaboración propia

Para la recopilación de información adicional en campo se emplearon técnicas de observación científica y entrevistas no estructuradas. Los puntos de monitoreo fueron georreferenciados mediante sistemas cartográficos y datos geoespaciales.

FIGURA N° 10: Ubicación cartográfica de los puntos de monitoreo



Fuente: La Autora

El Cuadro N° 14 proporciona detalles sobre las coordenadas de ubicación geográfica de los puntos de monitoreo biológico de flora y fauna.

CUADRO N° 14: Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo biológico

Código de PMB	Coordenadas UTM (datum WGS84) – Zona 18S		Altitud (msnm)	Área del Transecto	Cobertura Vegetal
	Este (m)	Norte (m)			
PMB-01	360 601	8 818 479	4,274	100 m ²	Pajonal Andino subtipo césped de puna
PMB-02	361 069	8 817 829	4,288	100 m ²	

Fuente: FCISA, 2018

4.1.2.2. Trabajo de campo

Los datos recolectados en la fase de gabinete se complementaron con la ejecución de las siguientes técnicas en el área de estudio.

A. Puntos de monitoreo

Se llevó a cabo la georreferenciación de los puntos de monitoreo en la zona de estudio utilizando la aplicación UTM Geo Map.

B. Observación Científica del muestreo biológico

Se describen las actividades y el esfuerzo de muestreo llevado a cabo por los especialistas a cargo del monitoreo biológico de flora, ornitofauna, mastofauna y herpetofauna en la zona de estudio.

Flora

Para el monitoreo de las especies de flora en la zona de estudio, se empleó el método de Transectos de A. Gentry (1982), reconocido por su amplio uso y eficiencia en la evaluación de especies vegetales, facilitando la recolección de datos de manera eficaz. En la Figura N° 11, se muestra el registro fotográfico de la metodología aplicada para la evaluación florística en los puntos de monitoreo biológico.

FIGURA N° 11: Metodología aplicada en la evaluación de flora



Fuente: La Autora.

Para llevar a cabo la evaluación de la flora en el área de investigación, se establecieron 2 transectos rectangulares de 50 x 2

metros, delimitados con una cinta métrica de 50 metros y un pabilo de 1 metro a cada lado. Todos los individuos dentro del área de muestreo fueron censados. El registro de la mayoría de las especies se realizó in situ, acompañada de la toma fotográfica para su posterior verificación taxonómica. En el Cuadro N° 15 se presenta el detalle del esfuerzo total de muestreo para la flora.

CUADRO N° 15: Esfuerzo de muestreo para flora

Código de PMB	Formación vegetal	Número de Transectos 50x2m	Tiempo de evaluación	Total, esfuerzo de muestreo
PMB-01	Pajonal Andino	1	2 horas	02 transectos 50x2m 200 m ²
PMB-02	Pajonal Andino	1	2 horas	4 horas cualitativas

Fuente: Elaboración propia

Ornitofauna

Para la evaluación de esta Taxa, se empleó el método de conteo por puntos, reconocido por su eficacia en diversos terrenos y hábitats para estudiar poblaciones de aves.

FIGURA N° 12: Metodología aplicada en la evaluación de Ornitofauna



Fuente: La Autora.

Durante esta evaluación, el observador permaneció en un punto determinado registrando todas las especies e individuos avistados y escuchados durante un periodo de 15 minutos. Estas evaluaciones se llevaron a cabo durante un máximo de 4 horas por la mañana y/o 3 horas antes del anochecer para abarcar toda la ruta de los puntos designados. Se evaluaron 10 puntos de conteo por cada punto de monitoreo, los cuales estaban separados por una distancia mínima de 100 metros para evitar la duplicación de registros cercanos.

Durante el proceso, se registraron datos como el número de las especies observadas en cada punto y la distancia de avistamiento. Se utilizaron binoculares 10x50 y una cámara fotográfica para facilitar la identificación y documentación de las aves. En total, se evaluaron 20 puntos de conteo, lo que resultó en un tiempo total de observación de 300 minutos para la evaluación cuantitativa de aves, como se detalla en el Cuadro N° 16.

CUADRO N° 16: Esfuerzo de muestreo para el componente Avifauna

Código de PMB	Formación vegetal	Número de Puntos de conteo	Tiempo de evaluación	Evaluación cualitativa	Total, esfuerzo de muestreo
PMB-01	Pajonal Andino	10	15 min	2 horas	300 minutos, 20 Puntos de conteo Y 4 horas cualitativas
PMB-02	Pajonal Andino	10	15 min	2 horas	

Fuente: Elaboración propia

Herpetofauna

En la evaluación de herpetofauna, se utilizó la técnica Visual Encounter Survey (VES), o Relevamiento por Encuentro Visual (REV) en español.

Se llevaron a cabo 3 VES de 30 minutos en cada punto de monitoreo, cubriendo una variedad de áreas y hábitats (Ver Figura N° 13). Se evaluaron un total de dos puntos de monitoreo, lo que resultó en un esfuerzo total de 6 VES. El esfuerzo, medido en términos de horas/hombre, fue de 180 minutos, equivalente a 3 horas/hombre, según se detalla en el Cuadro N° 17.

La evaluación consistió en una búsqueda lenta y continua, revisando detenidamente la vegetación, los cuerpos de agua, las piedras y otros posibles refugios.

FIGURA N° 13: Metodología aplicada en la evaluación de Herpetofauna



Fuente: La Autora.

CUADRO N° 17: Esfuerzo de muestreo para el componente Herpetofauna

Código de PMB	Formación vegetal	Número de VES	Tiempo de evaluación	Evaluación cualitativa	Total, esfuerzo de muestreo
PMB-01	Pajonal Andino	03	30	2 horas	180 minutos / 06 VES
PMB-02	Pajonal Andino	03	30	2 horas	4 horas cualitativas

Fuente: Elaboración propia

Mastofauna

Para la evaluación de mamíferos, se emplearon técnicas de captura para especies como roedores, mientras que se realizaron recorridos para registrar mamíferos de mayor tamaño en los dos puntos de monitoreo.

En el caso de mamíferos pequeños, se instalaron 30 trampas Sherman de caja en línea en cada punto, con una distancia mínima de 10 metros entre cada una, utilizando cebos atractivos a base de mantequilla de maní para la fauna local. Las trampas se colocaron durante dos noches, verificando las capturas cada mañana y reabasteciendo los cebos. El esfuerzo de muestreo consistió en la colocación de 60 trampas por noche en los puntos de monitoreo.

FIGURA N° 14: Metodología aplicada en la evaluación de mastofauna



Fuente: La Autora.

Además, se realizaron búsquedas intensivas y registros indirectos de individuos. El registro de mamíferos mayores se llevó a cabo mediante la búsqueda de individuos y evidencias de su presencia, como huellas, heces, madrigueras y pelos, a lo largo de transectos de

1 km. La evaluación abarcó un total de dos puntos de monitoreo específicos para el grupo de mamíferos menores, según se detalla en el Cuadro N° 18.

CUADRO N° 18: Esfuerzo de muestreo para Mamíferos menores

Código PMB	Formación vegetal	Trampas Sherman por transecto	Número de transectos	Tiempo de exposición	Total, esfuerzo de muestreo
PMB-01	Pajonal Andino	30	1	48 h	60 trampas/noche
PMB-02	Pajonal Andino	30	1	48 h	

Fuente: Elaboración propia

C. Entrevistas no estructuradas

FIGURA N° 15: Fotografías de la entrevista no estructurada realizada en la zona de estudio



Fuente: La Autora

Se complementó la recolección de datos mediante entrevistas no estructuradas realizadas a los residentes locales involucrados en la ejecución del Proyecto: Plan de Cierre del Depósito de Desmontes Excélsior – Cerro de Pasco.

Estas entrevistas se llevaron a cabo sin utilizar ninguna guía predefinida o estructura formal con el fin de evitar posibles confusiones entre los entrevistados y fomentar una comunicación más efectiva y asertiva.

En la Figura N° 15, se muestran los registros fotográficos de la técnica empleada en campo.

4.1.3. Análisis de datos

Los datos recopilados en campo y en gabinete sobre flora, ornitofauna, mastofauna y herpetofauna durante el período de 2018 a 2022 han sido analizados mediante el uso de bases de datos especializadas, literatura científica, guías técnicas, normativas vigentes y software especializado. Este análisis ha permitido la cuantificación precisa de los parámetros establecidos en el Cuadro N° 13 y la elaboración de mapas temáticos detallados.

A. Mapa temático de Cobertura Vegetal y Zonas de Vida

Para la elaboración del mapa temático de cobertura vegetal, se empleó la memoria descriptiva del Mapa Nacional de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015) en combinación con los datos en formato Shapefile disponibles en el Geoservidor del MINAM.

En la elaboración del mapa temático de zonas de vida, se utilizaron los datos proporcionados por el servicio WMS del Geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales del SENAMHI (SENAMHI, 2024).

B. Composición taxonómica

Flora

Los listados de especies florísticas fueron cotejados con la base de datos del Missouri Botanical Garden, el Código Internacional de Nomenclatura para algas, hongos y plantas (ICN), y el Catálogo de Plantas con Flores y Gimnospermas del Perú (Brako & Zarucchi, 1993).

Ornitofauna

Para realizar la identificación taxonómica de aves, se utilizó la guía de Schulemberg et al., 2007, junto con la obra de Clements, J. & Shany, N. 2001. La sistemática, nomenclatura y nombres comunes se respaldaron con información actualizada de la lista de Plenge (2018), complementada por el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica.

Herpetofauna

La lista de especies de anfibios y reptiles se cotejó con el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica.

Mastofauna

Se emplearon guías como Eisenberg & Redford (1999); Emmons y Feer (1999); y, Gardner (2007), en conjunto con el Código Internacional de Nomenclatura Zoológica para el inventario de mamíferos.

C. Riqueza y abundancia

La riqueza se define como el recuento de especies presentes en la zona de evaluación, mientras que la abundancia se refiere al número total de individuos presentes en dicha área. La abundancia relativa (P_i) representa el número de individuos de una especie dividido por el número total de individuos registrados en la zona de estudio.

Para categorizar la abundancia de especies de flora, se han establecido los siguientes criterios.

CUADRO N° 19: Criterio de categorización de abundancia de especies de flora

RANGO	DIVERSIDAD
Menor que 5	Muy raro
Entre 5 - 15	Raro
Entre 15 - 30	Escaso
Entre 30 - 100	Abundante
Mayor que 100	Muy Abundante

Fuente: (ULA, 2017)

D. Diversidad biológica

Los índices de diversidad se calcularon utilizando como referencia la Guía de Inventario de la Flora y Vegetación, aprobada por Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM, y la Guía de Inventario de la Fauna Silvestre, aprobada por Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM, junto con otras referencias bibliográficas para establecer los criterios de evaluación.

Para el cálculo de los índices de diversidad, se utilizó el software PAST (*Paleontological Statistics*), versión 4.03 (Hammer et al., 2001), que proporciona herramientas especializadas para el análisis ecológico y la evaluación de la diversidad biológica. Posteriormente, se realizó una comparación de los resultados generados por el software con los obtenidos mediante un procedimiento manual realizado en Microsoft Excel.

- **Índice de Shannon – Wiener (H')**

Este índice mide la entropía o incertidumbre asociada con la predicción de la pertenencia de un individuo, seleccionado al azar, a una especie específica dentro de la colección de especímenes analizados (Guzmán &

León, 2018). Se define mediante la fórmula: $H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$, donde H' representa el índice de diversidad y S es el número de especies.

CUADRO N° 20: Rango de niveles de diversidad para el índice de Shannon

RANGO	DIVERSIDAD
Entre 0 -1	Baja diversidad
Entre 1 – 2.5	Mediana diversidad
Mayor que 2.5	Alta diversidad

Fuente: (CESEL, 2021).

- **Índice de Simpson (1- λ)**

Este índice busca determinar la probabilidad de que dos individuos seleccionados al azar en una comunidad infinita pertenezcan a la misma especie (Campo & Duval, 2014). Dado que el índice de Simpson refleja la inversa de la dominancia (λ) dentro de una comunidad biológica, se calcula $1 - \lambda$. Es importante destacar que este enfoque pone énfasis en la noción de dominancia dentro del ecosistema en estudio.

CUADRO N° 21: Rango de niveles de diversidad para el índice de Simpson

RANGO	DIVERSIDAD
Entre 0 – 0.4	Diversidad baja
Entre 0.4 – 0.8	Diversidad media
0.8 - 1	Diversidad alta

Fuente: (Menhinick, 1964).

La fórmula para calcular la dominancia λ es la suma de los cuadrados de las abundancias proporcionales de cada especie, es decir, $\lambda = \sum(\pi_i)^2$.

- **Índice de Margalef (Dmg)**

El índice de Margalef es una herramienta utilizada en ecología para evaluar la biodiversidad de una comunidad, basándose en la distribución

numérica de los individuos de diferentes especies en una muestra determinada (Magurran, 2004).

Este índice transforma el recuento de especies por muestra en una medida estandarizada que tiene en cuenta la proporción de especies añadidas al aumentar el tamaño de la muestra. Su enfoque se fundamenta en la suposición de una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos presentes (Valdez et.al.,2018).

El índice de Margalef considera exclusivamente la riqueza de especies, asegurando que esta medida no aumentará indefinidamente con el tamaño de la muestra.

Se calcula mediante la fórmula $D_{mg} = (S - 1) / \ln N$. Dónde S es el número total de especies presentes, y N es el número total de individuos.

CUADRO N° 22: Rango de niveles de diversidad para el índice de Margalef

RANGO	DIVERSIDAD
Menor que 2	Baja diversidad
Entre 2 - 5	Mediana diversidad
Mayor que 5	Alta diversidad

Fuente: (CESEL, 2021).

- **Índice de Pielou (J')**

El índice de Pielou, conocido también como equitabilidad de Shannon, es una métrica utilizada en ecología para evaluar la uniformidad en la distribución de la abundancia de especies en una comunidad en comparación con la diversidad máxima teórica esperada (Magurran, 1988). Esta medida, que varía de 0 a 1, indica que los valores más cercanos a 1 representan una distribución más uniforme de la abundancia

entre las especies presentes, mientras que los valores más cercanos a 0 denotan una mayor dominancia de una o pocas especies sobre las demás en la comunidad, el valor es 0 cuando existe una sola especie.

La fórmula es $J' = H'/H'max$. Donde $H'max = \ln(S)$ y H' es el índice de Shannon y S es el número total de especies presentes. $J'=H'/\ln(S)$.

- **Índice de Jaccard (Ij)**

El índice de Jaccard es una medida utilizada para evaluar el grado de similitud entre dos muestras en función de las especies presentes en cada una de ellas (Reyes & Torres, 2009). Esta métrica se calcula dividiendo el número de especies comunes encontradas en ambas muestras entre el número total de especies presentes, incluidas las especies únicas de cada muestra.

El resultado proporciona un indicador cuantitativo de la similitud entre las dos muestras analizadas, donde un valor de 0 indica la ausencia de especies compartidas entre ambas muestras, y un valor de 1 indica que las dos muestras tienen la misma composición de especies (Sandro, 2014).

CUADRO N° 23: Rango de semejanza de Jaccard

RANGO	CARACTERÍSTICAS
Entre 0 – 0.2	Muy baja semejanza
Entre 0.2 – 0.4	Baja semejanza
Entre 0.4 – 0.6	Semejanza media
Entre 0.6 – 0.8	Alta semejanza
Entre 0.8 - 1	Muy alta semejanza

Fuente:(Sandro, 2014).

E. Sensibilidad y endemismo

- **Flora**

Se identificaron especies amenazadas conforme al Decreto Supremo N.º 043-2006-AG, que establece la categorización de especies amenazadas de flora silvestre, así como los listados actualizados de conservación internacionales proporcionados por la IUCN y CITES. Para identificar especies endémicas de flora, se empleó el Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Perú (León et al., 2006).

- **Ornitofauna**

La sensibilidad de las especies se determinó conforme a las categorías establecidas en el Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI, el cual aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas, así como con el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú (SERFOR, 2018). Además, se verificó la inclusión de las especies en la lista roja de la IUCN o en algún Apéndice CITES.

Para identificar aves endémicas, se consultó la Guía de Aves del Perú de Schulenberg et al. (2007).

- **Mastofauna**

El estado de conservación de las especies se clasificó según las categorías del Decreto Supremo N.º 004-2014-MNAGRI, el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú (SERFOR, 2018), considerando también su inclusión en la lista roja de la IUCN y en los apéndices CITES. Además, se identificó el parámetro de endemismo según la lista de especies de mamíferos endémicos del Perú de Pacheco et al. (2009).

- **Herpetofauna**

Se elaboró un listado de conservación para determinar su estatus, siguiendo las categorías del Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI, así como el Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú (SERFOR, 2018). Se verificó si las especies estaban incluidas en la lista roja de la UICN o en algún Apéndice CITES. Además, se consultaron la lista de anfibios andinos fuera de áreas naturales protegidas de Aguilar et al. (2010), y la lista de anfibios andinos en concesiones mineras de Aguilar et al. (2012), entre otras fuentes pertinentes.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

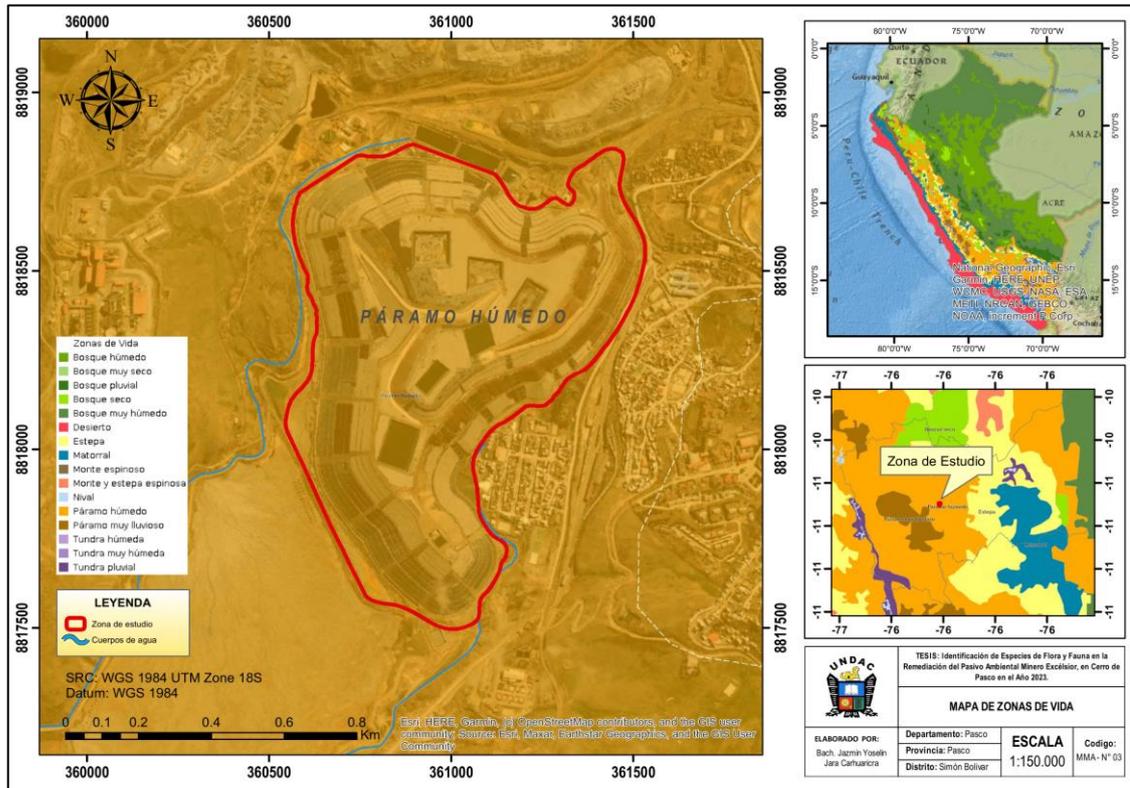
4.2.1. Zonas de vida

El área de Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior se encuentra en una zona de vida clasificada como **Páramo Húmedo**, con una temperatura anual promedio de 4 °C, que oscila entre temperaturas bajo cero y 13 °C, presenta una estacionalidad marcada, con una estación seca de mayo a noviembre y una estación húmeda de diciembre a abril. Este clima es inestable, con eventos como heladas, granizadas, nevadas y sequías. La precipitación pluvial anual oscila entre 700 y 900 mm. Este entorno climático se asocia mayormente con el tipo de clima lluvioso y frío, con estaciones secas en otoño e invierno (B (o, i) C'). Su vegetación está principalmente compuesta por gramíneas y gramínoideas dispersos, con especies en forma de cojines o almohadillas, que contribuyen a los pastos naturales altoandinos, denominados Pajonales de Puna.

En el Mapa Ecológico del Perú de 1976, elaborado por ONERN y actualizado en 1995 por el INRENA, esta zona se denominaba Páramo Pluvial -

Subalpino Tropical (pp-SaT), pero en el Atlas de Zonas de vida del Perú de 2017, elaborado por SENAMHI, se actualizó a Páramo Húmedo.

FIGURA N° 16: Mapa de Zonas de Vida de la Remediación Ambiental del PAM Excélsior



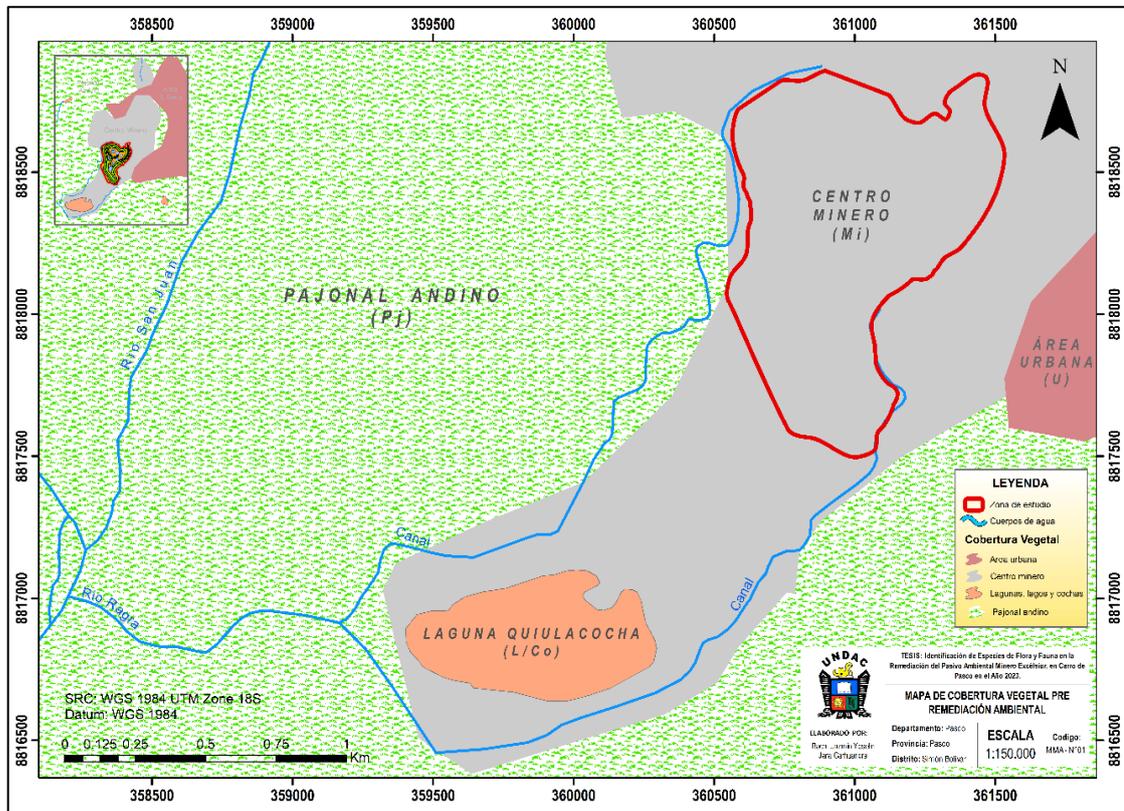
Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Cobertura vegetal

Desde la última actualización del Mapa Nacional de Cobertura Vegetal en el año 2015, el área de remediación ambiental del PAM Excélsior ha sido clasificada como Centro Minero (Mi), conforme se muestra en la Figura N° 17. No obstante, tras la realización del presente estudio, se contempla la posibilidad de solicitar al MINAM la reclasificación de este espacio a una categoría de cobertura vegetal correspondiente al **Pajonal Andino (Pj)**, tal como se visualiza en la Figura N° 18. Este procedimiento se torna esencial para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de la remediación y para instituir una protección legal sobre el área en cuestión. Asimismo, dicha reclasificación impondría requisitos más rigurosos para que las autoridades competentes verifiquen su cumplimiento

obligatorio al momento de otorgar la certificación ambiental, el título de concesión, las licencias o los permisos de uso del suelo para futuros proyectos o aprovechamientos en la región.

FIGURA N° 17: Mapa de Cobertura Vegetal Pre Remediación Ambiental del PAM Excélsior

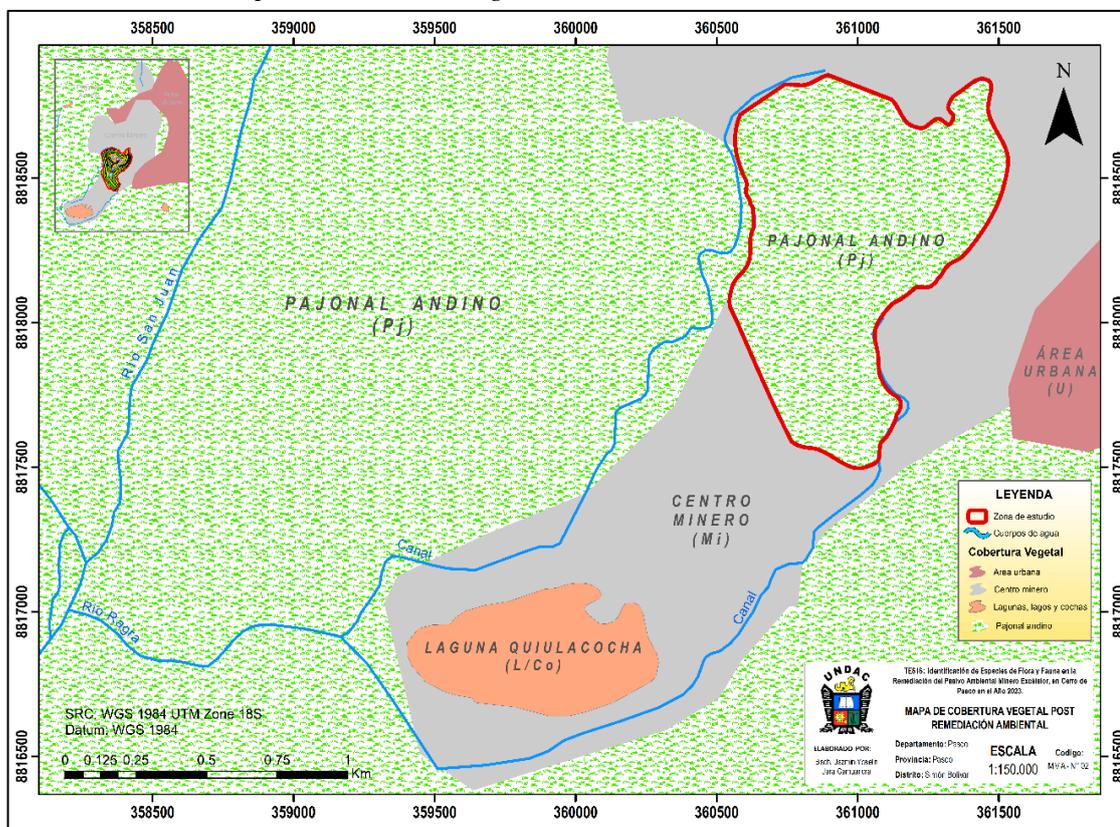


Fuente: Elaboración propia

El fundamento para esta reclasificación se basa en el inventario de especies de flora y fauna identificadas en la zona de remediación, lo cual evidencia la eficacia de las medidas de remediación y la recuperación del área degradada. Este respaldo se fundamenta en la inclusión e incremento de especies de flora y fauna legalmente protegidas por el D.S. N° 004-2014-MINAGRI y D.S. N° 043-2006-AG, así como en el aumento de especies catalogadas en los apéndices de la CITES, en la Lista Roja de la IUCN y especies endémicas del Perú. La solicitud al MINAM para la actualización del Mapa Nacional de Cobertura Vegetal se justifica en la necesidad de reflejar los cambios significativos en la cobertura vegetal resultantes de acciones de remediación

como esta, lo cual contribuiría a una gestión ambiental resiliente más precisa y responsable.

FIGURA N° 18: Mapa de Cobertura Vegetal Post Remediación Ambiental del PAM Excelsior



Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Flora

4.2.3.1. Composición florística, Riqueza y abundancia

A continuación, se muestran los hallazgos relativos a la composición, riqueza y abundancia de especies de flora silvestre registradas en la zona de estudio durante el período comprendido entre 2018 y 2022.

CUADRO N° 24: Composición taxonómica de especies de flora registradas en la zona de estudio (2018 – 2022)

ESPECIES DE FLORA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2018							
N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Apiales	Apiaceae	Azorella	<i>Azorella crenata</i>
2	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Belloa	<i>Belloa sp.</i>
3	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Hypochoeris	<i>Hypochoeris eremophila</i>

4	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Misbrookea	<i>Misbrookea strigosissima</i>
5	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Oritrophium	<i>Oritrophium limnophilum</i>
6	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Paranephelius	<i>Paranephelius ovatus</i>
7	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Werneria	<i>Werneria caespitosa</i>
8	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago	<i>Plantago lamprophylla</i>
9	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago	<i>Plantago rigida</i>
10	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Lachemilla	<i>Lachemilla pinnata</i>
11	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Cyperaceae	Trichophorum	<i>Trichophorum rigidum</i>
12	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Juncaceae	Distichia	<i>Distichia acicularis</i>
13	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis rigescens</i>
14	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis vicunarum</i>
15	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Muhlenbergia	<i>Muhlenbergia peruviana</i>
16	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Paspalum	<i>Paspalum pygmaeum</i>
17	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Paspalum	<i>Paspalum sp.</i>
18	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Stipa	<i>Stipa ichu</i>

ESPECIES DE FLORA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2019

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Apiales	Apiaceae	Azorella	<i>Azorella crenata</i>
2	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Paranephelius	<i>Paranephelius ovatus</i>
3	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	<i>Baccharis tricuneata</i>
4	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Belloa	<i>Belloa sp.</i>
5	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Misbrookea	<i>Misbrookea strigosissima</i>
6	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Oritrophium	<i>Oritrophium limnophilum</i>
7	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Werneria	<i>Werneria caespitosa</i>
8	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Lachemilla	<i>Lachemilla orbiculata</i>
9	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Lachemilla	<i>Lachemilla pinnata</i>
10	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Astrágalo	<i>Astragalus garbancillo</i>
11	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago	<i>Plantago rigida</i>
12	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago	<i>Plantago lamprophylla</i>
13	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Juncaceae	Distichia	<i>Distichia acicularis</i>
14	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis rigescens</i>
15	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis vicunarum</i>
16	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Muhlenbergia	<i>Muhlenbergia peruviana</i>
17	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Paspalum	<i>Paspalum sp.</i>
18	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Stipa	<i>Stipa ichu</i>

19	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Cyperaceae	Trichophorum	<i>Trichophorum rigidum</i>
----	---------	---------------	------------	--------	------------	--------------	-----------------------------

ESPECIES DE FLORA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2020

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	<i>Baccharis tricuneata</i>
2	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Belloa	<i>Belloa sp.</i>
3	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Chersodoma	<i>Chersodoma antenaria</i>
4	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Paranephelius	<i>Paranephelius ovatus</i>
5	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Senecio	<i>Senecio collinus</i>
6	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Senecio	<i>Senecio condimentarius</i>
7	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Werneria	<i>Werneria caespitosa</i>
8	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Weberbaueria	<i>Weberbaueria peruviana</i>
9	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Trifolium	<i>Trifolium repens</i>
10	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Gentianales	Rubiaceae	Galium	<i>Galium sp.</i>
11	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Geraniales	Geraniaceae	Geranio	<i>Geranium ruizii</i>
12	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago	<i>Plantago lamprophylla</i>
13	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Oxalidales	Oxalidaceae	Oxalis	<i>Oxalis sp.</i>
14	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Lachemilla	<i>Lachemilla pinnata</i>
15	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Lachemilla	<i>Lachemilla ranunculoides</i>
16	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Juncaceae	Distichia	<i>Distichia acicularis</i>
17	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis vicunarum</i>
18	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis rigescens</i>
19	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Muhlenbergia	<i>Muhlenbergia peruviana</i>
20	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Paspalum	<i>Paspalum pygmaeum</i>
21	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Paspalum	<i>Paspalum sp.</i>
22	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Stipa	<i>Stipa ichu</i>

ESPECIES DE FLORA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2021

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Achyrocline	<i>Achyrocline alata</i>
2	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	<i>Baccharis caespitosa</i>
3	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	<i>Baccharis tricuneata</i>
4	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	<i>Baccharis latifolia</i>
5	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Belloa	<i>Belloa sp.</i>
6	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Cotula	<i>Cotula australis</i>
7	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Gamochoeta	<i>Gamochoeta americana</i>

8	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Perezia	<i>Perezia multiflora</i>
9	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Senecio	<i>Senecio evacoides</i>
10	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Senecio	<i>Senecio vulgaris</i>
11	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Senecio	<i>Senecio collinus</i>
12	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Taraxacum	<i>Taraxacum officinale</i>
13	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Capsella	<i>Capsella bursa-pastoris</i>
14	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Descurainia	<i>Descurainia myriophylla</i>
15	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Lepidium	<i>Lepidium bipinnatifidum</i>
16	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Astrágalo	<i>Astragalus garbancillo</i>
17	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Geraniales	Geraniaceae	Geranio	<i>Geranium sessiliflorum</i>
18	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Lamiaceae	Lamium	<i>Lamium amplexicaule</i>
19	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Lamiaceae	Stachys	<i>Stachys pusilla</i>
20	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Veronica	<i>Veronica pérsica</i>
21	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Scrophulariaceae	Buddleja	<i>Buddleja sp.</i>
22	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Onagraceae	Epilobium	<i>Epilobium denticulatum</i>
23	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Onagraceae	Oenothera	<i>Oenothera multicaulis</i>
24	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Lachemilla	<i>Lachemilla pimata</i>
25	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Solanales	Solanaceae	Solanum	<i>Solanum acaule</i>
26	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Agrostis	<i>Agrostis breviculmis</i>
27	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Bromus	<i>Bromus catharticus</i>
28	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis heterophylla</i>
29	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis rigescens</i>
30	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis vicunarum</i>
31	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Dissanthelium	<i>Dissanthelium calycinum</i>
32	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Jarava	<i>Jarava ichu</i>
33	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Stipa	<i>Stipa ichu</i>
34	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Nassella	<i>Nassella mucronata</i>
35	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Poa	<i>Poa sp.</i>
36	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Paspalum	<i>Paspalum pygmaeum</i>
37	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Juncaceae	Distichia	<i>Distichia acicularis</i>

ESPECIES DE FLORA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2022

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Achyrocline	<i>Achyrocline alata</i>
2	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	<i>Baccharis caespitosa</i>
3	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	<i>Baccharis tricuneata</i>

4	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	<i>Baccharis latifolia</i>
5	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Belloa	<i>Belloa sp.</i>
6	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Bidens	<i>Bidens andicola</i>
7	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Cotula	<i>Cotula australis</i>
8	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Gamochoeta	<i>Gamochoeta americana</i>
9	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Paranephelius	<i>Paranephelius ovatus</i>
10	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Paranephelius	<i>Paranephelius uniflorus</i>
11	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Senecio	<i>Senecio evacoides</i>
12	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Senecio	<i>Senecio collinus</i>
13	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Taraxacum	<i>Taraxacum officinale</i>
14	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Werneria	<i>Werneria caespitosa</i>
15	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Capsella	<i>Capsella bursa-pastoris</i>
16	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Descurainia	<i>Descurainia myriophylla</i>
17	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Lepidium	<i>Lepidium bipinnatifidum</i>
18	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Caryophyllaceae	Silene	<i>Silene sp.</i>
19	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Polygonaceae	Muehlenbeckia	<i>Muehlenbeckia volcanica</i>
20	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Astrágalo	<i>Astragalus garbancillo</i>
21	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Trifolium	<i>Trifolium amabile</i>
22	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Gentianales	Rubiaceae	Galium	<i>Galium sp.</i>
23	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Scrophulariaceae	Buddleja	<i>Buddleja sp.</i>
24	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Onagraceae	Epilobium	<i>Epilobium denticulatum</i>
25	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Lachemilla	<i>Lachemilla pinnata</i>
26	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Urticaceae	Urtica	<i>Urtica echinata</i>
27	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Solanales	Solanaceae	Solanum	<i>Solanum acaule</i>
28	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Aciachne	<i>Aciachne acicularis</i>
29	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Agrostis	<i>Agrostis breviculmis</i>
30	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Bromus	<i>Bromus catharticus</i>
31	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis heterophylla</i>
32	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis brevifolia</i>
33	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis rigescens</i>
34	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis vicunarum</i>
35	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Dissanthelium	<i>Dissanthelium calycinum</i>
36	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Festuca	<i>Festuca dolichophylla</i>
37	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Jarava	<i>Jarava ichu</i>
38	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Stipa	<i>Stipa ichu</i>
39	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Nassella	<i>Nassella mucronata</i>
40	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Poa	<i>Poa sp.</i>
41	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Paspalum	<i>Paspalum pygmaeum</i>
42	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Juncaceae	Distichia	<i>Distichia acicularis</i>
43	Plantae	Magnoliophyta	Gnetopsida	Ephedrales	Ephedraceae	Ephedra	<i>Ephedra rupestris</i>

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 25: Riqueza florística en el área de estudio (2018 – 2022)

Clase	2018		2019		2020		2021		2022	
	Riqueza	%								
Magnoliopsida	10.00	55.56	12.00	63.16	15.00	68.18	25.00	67.57	27.00	62.79
Liliopsida	8.00	44.44	7.00	36.84	7.00	31.82	12.00	32.43	15.00	34.88
Gnetopsida	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	2.33
TOTAL	18.00	100	19.00	100	22.00	100	37.00	100	43.00	100

Fuente: Elaboración propia

A. Estimación de la riqueza y abundancia en el año 2018

CUADRO N° 26: Riqueza y abundancia de especies de flora en el año 2018

N°	ESPECIE	NOMBRE CIENTÍFICO	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	<i>Azorella crenata</i>	<i>Azorella crenata</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	0	2	2	1.0
2	<i>Belloa sp.</i>	<i>Belloa sp.</i>	6	0	6	3.0
3	<i>Hyppocharis eremophila</i>	<i>Hyppocharis eremophila</i> Cabrera	0	2	2	1.0
4	<i>Misbrookea strigosissima</i>	<i>Misbrookea strigosissima</i> (A. Gray) V.A. Funk	5	1	6	3.0
5	<i>Oritrophium limnophilum</i>	<i>Oritrophium limnophilum</i> (Sch.Bip.) Cuatrec.	1	0	1	0.5
6	<i>Paranephelius ovatus</i>	<i>Paranephelius ovatus</i> Wedd.	0	11	11	5.6
7	<i>Werneria caespitosa</i>	<i>Werneria caespitosa</i> Wedd.	2	0	2	1.0
8	<i>Plantago lamprophylla</i>	<i>Plantago lamprophylla</i> Pilg.	0	8	8	4.0
9	<i>Plantago rigida</i>	<i>Plantago rigida</i> Kunth	1	5	6	3.0
10	<i>Lachemilla pinnata</i>	<i>Lachemilla pinnata</i> Ruiz & Pav.	1	13	14	7.1
11	<i>Trichophorum rigidum</i>	<i>Trichophorum rigidum</i> (Steud.) Goetgh., Muasya & D.A. Simpson	19	0	19	9.6
12	<i>Distichia acicularis</i>	<i>Distichia acicularis</i> Balslev & Laegaard	0	1	1	0.5
13	<i>Calamagrostis rigescens</i>	<i>Calamagrostis rigescens</i> (J. Presl) Scribn.	10	33	43	21.7
14	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	<i>Calamagrostis vicunarum</i> (Wedd.) Pilg.	20	30	50	25.3
15	<i>Muhlenbergia peruviana</i>	<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv.) Steud.	5	8	13	6.6
16	<i>Paspalum pygmaeum</i>	<i>Paspalum pygmaeum</i> Hack.	0	1	1	0.5
17	<i>Paspalum sp.</i>	<i>Paspalum sp.</i>	4	8	12	6.1
18	<i>Stipa ichu</i>	<i>Stipa ichu</i> Ruiz & Pav.	1	0	1	0.5
Total			75	123	198	100

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

En el año 2018, se registraron un total de 18 especies pertenecientes al grupo de plantas vasculares. La flora vascular se clasificó exclusivamente dentro de la división Magnoliophyta, que comprende las angiospermas. Esta división, a su vez, se subdividió en dos clases taxonómicas distintas: Magnoliopsida (dicotiledóneas) y Liliopsida (monocotiledóneas), abarcando un total de 15 géneros pertenecientes a 7 familias botánicas y 5 órdenes distintos (consultar Cuadro N° 24). En cuanto a la representación de las Liliópsidas, se identificaron 8 especies (44.44 %), mientras que las Magnoliópsidas contaron con 10 especies, lo que equivale al 55.56% del total (visualizar el Cuadro N° 25).

La familia Poaceae fue la más abundante, representando el 60.61 %, seguida de Asteraceae (14.14%) y Cyperaceae (9.60%). Plantaginaceae y Rosaceae compartieron el cuarto lugar con un 7.70% cada una, mientras que las demás familias mostraron una abundancia del 1.52%. De los transectos analizados, el punto de monitoreo PMB-02 exhibe una abundancia de 123 individuos, mientras que el PMB-01 cuenta con un total de 75 individuos.

La especie más predominante en el área de estudio es *Calamagrostis vicunarum*, representando el 25.3% del total, seguida por otra especie de *Calamagrostis rigescens* con una representación del 21.7%. En conjunto, se registró un total de 198 individuos en el área de estudio.

B. Estimación de la riqueza y abundancia en el año 2019

CUADRO N° 27: Riqueza y abundancia de especies de flora en el año 2019

N°	ESPECIE	NOMBRE CIENTÍFICO	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	<i>Azorella crenata</i>	<i>Azorella crenata</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	0	2	2	0.75
2	<i>Paranephelius ovatus</i>	<i>Paranephelius ovatus</i> Wedd.	0	2	2	0.75
3	<i>Baccharis tricuneata</i>	<i>Baccharis tricuneata</i> Wedd.	3	0	3	1.13
4	<i>Belloa</i> sp.	<i>Belloa</i> sp.	3	0	3	1.13
5	<i>Misbrookea strigosissima</i>	<i>Misbrookea strigosissima</i> (A. Gray) V.A. Funk	1	0	1	0.38
6	<i>Oritrophium limnophilum</i>	<i>Oritrophium limnophilum</i> (Sch.Bip.) Cuatrec.	1	0	1	0.38
7	<i>Werneria caespitosa</i>	<i>Werneria caespitosa</i> Wedd.	1	0	1	0.38
8	<i>Lachemilla orbiculata</i>	<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav.) Rydb.	1	0	1	0.38
9	<i>Lachemilla pinnata</i>	<i>Lachemilla pinnata</i> Ruiz & Pav.	7	15	22	8.27
10	<i>Astragalus garbancillo</i>	<i>Astragalus garbancillo</i> Cav.	0	5	5	1.88
11	<i>Plantago rigida</i>	<i>Plantago rigida</i> Kunth	4	5	9	3.38
12	<i>Plantago lamprophylla</i>	<i>Plantago lamprophylla</i> Pilg.	0	3	3	1.13
13	<i>Distichia acicularis</i>	<i>Distichia acicularis</i> Balslev & Laegaard	0	1	1	0.38
14	<i>Calamagrostis rigescens</i>	<i>Calamagrostis rigescens</i> (J. Presl) Scribn.	14	62	76	28.57
15	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	<i>Calamagrostis vicunarum</i> (Wedd.) Pilg.	34	46	80	30.08
16	<i>Muhlenbergia peruviana</i>	<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv.) Steud.	1	4	5	1.88
17	<i>Paspalum</i> sp.	<i>Paspalum</i> sp.	2	25	27	10.15
18	<i>Stipa ichu</i>	<i>Stipa ichu</i> Ruiz & Pav.	21	0	21	7.89
19	<i>Trichophorum rigidum</i>	<i>Trichophorum rigidum</i> (Steud.) Goetgh., Muasya & D.A. Simpson	3	0	3	1.13
Total			96	170	266	100

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

En el año 2019, se identificó un total de 19 especies de plantas vasculares en la zona de estudio. Cada especie identificada fue sometida a una clasificación taxonómica detallada, que abarcó los niveles jerárquicos de Reino, División, Clase, Orden, Familia, Género y Especie.

En el Cuadro N° 24 se presenta de manera sistemática el listado taxonómico de las especies de flora identificadas, proporcionando una visión completa de su composición filogenética y contribuyendo a la comprensión integral de la diversidad botánica en el área de investigación.

La categorización taxonómica de la flora vascular se limitó exclusivamente a la división Magnoliophyta, la cual abarca las angiospermas. Esta división se subdividió a su vez en dos clases taxonómicas distintas: Magnoliopsida y Liliopsida, las cuales fueron organizadas en 16 géneros, 8 familias taxonómicas y 6 órdenes distintos.

La subclase Magnoliopsida se destacó como el grupo dominante, representando el 63.16 % del total de especies vasculares registradas, mientras que la clase Liliopsida tuvo una representación del 38.84 % (ver Cuadro N° 25).

La familia Poaceae destacó como la más abundante, alcanzando el 78.57 % de representación, seguida por Rosaceae (8.65 %) y Plantaginaceae (4.51%). El resto de las familias exhibieron niveles de abundancia por debajo del 4.14 %.

De los transectos evaluados, el punto de monitoreo PMB-02 destaca por presentar una abundancia significativa, registrando un total de 170 individuos. Por otro lado, el PMB-01 muestra una cifra ligeramente inferior, con un total de 96 individuos, sumando en total 266 individuos de flora. En el área de estudio, la especie más predominante es *Calamagrostis vicunarum*, que representa el

30.08 % del total de individuos, seguida por otra especie, *Calamagrostis rigescens*, con una representación del 28.57 %. Además, *Paspalum sp.* se destaca con un 10.15 %.

C. Estimación de la riqueza y abundancia en el año 2020

CUADRO N° 28: Riqueza y abundancia de especies de flora en el año 2020

N°	ESPECIE	NOMBRE CIENTÍFICO	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	<i>Baccharis tricuneata</i>	<i>Baccharis tricuneata</i> Wedd.	1	0	1	0.45
2	<i>Belloa sp.</i>	<i>Belloa sp.</i>	1	4	5	2.26
3	<i>Chersodoma antenaria</i>	<i>Chersodoma antenaria</i> (Mié.) Cabrera	0	3	3	1.36
4	<i>Paranephelium ovatus</i>	<i>Paranephelium ovatus</i> Wedd.	0	1	1	0.45
5	<i>Senecio collinus</i>	<i>Senecio collinus</i> DC.	4	0	4	1.81
6	<i>Senecio condimentarius</i>	<i>Senecio condimentarius</i> Cabrera	0	5	5	2.26
7	<i>Werneria caespitosa</i>	<i>Werneria caespitosa</i> Wedd.	0	11	11	4.98
8	<i>Weberbaueria peruviana</i>	<i>Weberbaueria peruviana</i> (DC.) Al-Shehbaz	2	0	2	0.90
9	<i>Trifolium repens</i>	<i>Trifolium repens</i> L.	0	1	1	0.45
10	<i>Galium sp.</i>	<i>Galium Sp.</i>	0	1	1	0.45
11	<i>Geranium ruizii</i>	<i>Geranium ruizii</i> Hieron.	0	5	5	2.26
12	<i>Plantago lamprophylla</i>	<i>Plantago lamprophylla</i> Pilg.	0	13	13	5.88
13	<i>Oxalis sp.</i>	<i>Oxalis sp.</i>	0	1	1	0.45
14	<i>Lachemilla pinnata</i>	<i>Lachemilla pinnata</i> Ruiz & Pav.	1	20	21	9.50
15	<i>Lachemilla ranunculoides</i>	<i>Lachemilla ranunculoides</i> (L.M. Perry) Rothm.	1	0	1	0.45
16	<i>Distichia acicularis</i>	<i>Distichia acicularis</i> Balslev & Laegaard	0	5	5	2.26
17	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	<i>Calamagrostis vicunarum</i> (Wedd.) Pilg.	1	61	62	28.05
18	<i>Calamagrostis rigescens</i>	<i>Calamagrostis rigescens</i> (J. Presl) Scribn.	4	16	20	9.05
19	<i>Muhlenbergia peruviana</i>	<i>Muhlenbergia peruviana</i> (P. Beauv.) Steud.	0	3	3	1.36
20	<i>Paspalum pygmaeum</i>	<i>Paspalum pygmaeum</i> Hack.	0	8	8	3.62
21	<i>Paspalum sp.</i>	<i>Paspalum sp.</i>	0	7	7	3.17
22	<i>Stipa ichu</i>	<i>Stipa ichu</i> Ruiz & Pav.	27	14	41	18.55
Total			42	179	221	100

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

En el año 2020, se registraron 22 especies de plantas vasculares, pertenecientes a las clases Magnoliopsida y Liliopsida. Cada especie fue sometida a una detallada clasificación taxonómica que abarcó los niveles jerárquicos de Reino, División, Clase, Orden, Familia, Género y Especie. El Cuadro N° 24 presenta de manera sistemática el listado taxonómico de estas especies.

La clasificación taxonómica de la flora vascular se centró exclusivamente en la división Magnoliophyta. Esta división se subdividió en dos clases: Magnoliopsida y Liliopsida, que fueron organizadas en 18 géneros, 10 familias y 9 órdenes.

Las Magnoliópsidas fueron dominantes, representando el 68.18 % (15 especies) del total de especies vasculares, mientras que las Liliópsidas contribuyeron con el 31.82 % (7 especies).

La estructura de la comunidad vegetal de plantas vasculares en el área evaluada mostró una predominancia significativa de las familias Poaceae (63.80%) y Asteraceae (13.57%), seguidas por Rosaceae (9.95%). Las demás familias mostraron un valor conjunto de abundancia del 12.67%.

El Cuadro N° 28 proporciona la lista completa de especies registradas en campo según el transecto evaluado. En los transectos evaluados, el punto de monitoreo PMB-02 destaca por su significativa abundancia, registrando un total de 179 individuos, mientras que el PMB-01 muestra una cifra ligeramente inferior con 42 individuos. En total, se registraron 221 individuos

de flora. En el área de estudio, la especie más predominante es *Calamagrostis vicunarum*, representando el 28.05 % del total de individuos. Le sigue otra especie, *Stipa ichu*, con una representación del 18.55 %. Además, *Lachemilla pinnata* destaca con un 9.50 % y la especie *Calamagrostis rigescens* con un 9.05 % de abundancia relativa.

D. Estimación de la riqueza y abundancia en el año 2021

CUADRO N° 29: Riqueza y abundancia de especies de flora en el año 2021

N°	ESPECIE	NOMBRE CIENTÍFICO	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	<i>Achyrocline alata</i>	<i>Achyrocline alata</i> (Kunth) DC.	1	0	1	0.23
2	<i>Baccharis caespitosa</i>	<i>Baccharis caespitosa</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	0	1	1	0.23
3	<i>Baccharis tricuneata</i>	<i>Baccharis tricuneata</i> Wedd.	0	1	1	0.23
4	<i>Baccharis latifolia</i>	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	1	0	1	0.23
5	<i>Belloa</i> sp.	<i>Belloa</i> sp.	1	8	9	2.06
6	<i>Cotula australis</i>	<i>Cotula australis</i> (Sieber ex Spreng.) Hook. f.	0	5	5	1.14
7	<i>Gamochaeta americana</i>	<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd.	1	0	1	0.23
8	<i>Perezia multiflora</i>	<i>Perezia multiflora</i> (Bonpl.) Less.	0	1	1	0.23
9	<i>Senecio evacoides</i>	<i>Senecio evacoides</i> Sch. Bip.	0	1	1	0.23
10	<i>Senecio vulgaris</i>	<i>Senecio vulgaris</i> L.	1	0	1	0.23
11	<i>Senecio collinus</i>	<i>Senecio collinus</i> DC.	3	0	3	0.69
12	<i>Taraxacum officinale</i>	<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	1	0	1	0.23
13	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	0	1	1	0.23
14	<i>Descurainia myriophylla</i>	<i>Descurainia myriophylla</i> (Willd. ex DC.) R.E. Fr.	10	0	10	2.29
15	<i>Lepidium bipinnatifidum</i>	<i>Lepidium bipinnatifidum</i> Desv.	2	0	2	0.46
16	<i>Astragalus garbancillo</i>	<i>Astragalus garbancillo</i> Cav.	0	2	2	0.46
17	<i>Geranium sessiliflorum</i>	<i>Geranium sessiliflorum</i> Cav.	0	3	3	0.69
18	<i>Lamium amplexicaule</i>	<i>Lamium amplexicaule</i> L.	0	1	1	0.23
19	<i>Stachys pusilla</i>	<i>Stachys pusilla</i> (Wedd.) Briq.	0	4	4	0.92
20	<i>Veronica pérsica</i>	<i>Veronica pérsica</i> Poir.	1	0	1	0.23

21	<i>Buddleja sp.</i>	<i>Buddleja sp.</i>	0	1	1	0.23
22	<i>Epilobium denticulatum</i>	<i>Epilobium denticulatum</i> Ruiz & Pav.	8	0	8	1.83
23	<i>Oenothera multicaulis</i>	<i>Oenothera multicaulis</i> Ruiz & Pav.	0	5	5	1.14
24	<i>Lachemilla pinnata</i>	<i>Lachemilla pinnata</i> Ruiz & Pav.	18	25	43	9.84
25	<i>Solanum acaule</i>	<i>Solanum acaule</i> Bitter	0	1	1	0.23
26	<i>Agrostis breviculmis</i>	<i>Agrostis breviculmis</i> Hitchc.	0	90	90	20.59
27	<i>Bromus catharticus</i>	<i>Bromus catharticus</i> Vahl	1	0	1	0.23
28	<i>Calamagrostis heterophylla</i>	<i>Calamagrostis heterophylla</i> (Wedd.) Pilg.	2	4	6	1.37
29	<i>Calamagrostis rigescens</i>	<i>Calamagrostis rigescens</i> (J. Presl) Scribn.	65	4	69	15.79
30	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	<i>Calamagrostis vicunarum</i> (Wedd.) Pilg.	0	106	106	24.26
31	<i>Dissanthelium calycinum</i>	<i>Dissanthelium calycinum</i> (J. Presl) Hitchc.	0	4	4	0.92
32	<i>Jarava ichu</i>	<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav.	1	0	1	0.23
33	<i>Stipa ichu</i>	<i>Stipa ichu</i> Ruiz & Pav.	1	6	7	1.60
34	<i>Nassella mucronata</i>	<i>Nassella mucronata</i> (Kunth) R.W. Pohl	0	25	25	5.72
35	<i>Poa sp.</i>	<i>Poa sp.</i>	4	0	4	0.92
36	<i>Paspalum pygmaeum</i>	<i>Paspalum pygmaeum</i> Hack.	5	0	5	1.14
37	<i>Distichia acicularis</i>	<i>Distichia acicularis</i> Balslev & Laegaard	1	10	11	2.52
Total			128	309	437	100

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

En el año 2021, se registró un total de 37 especies de flora, distribuidas en dos clases taxonómicas principales: Liliopsida y Magnoliopsida. Este inventario abarcó 31 géneros, 13 familias botánicas y 9 órdenes taxonómicos distintos (consultar Cuadro N° 29). Cada especie fue sometida a una clasificación taxonómica que incluyó los niveles jerárquicos de Reino, División, Clase, Orden, Familia, Género y Especie, detallados en el Cuadro N° 24.

Las Magnoliópsidas demostraron ser dominantes en el área, representando el 67.57 % del total de especies vasculares

identificadas, equivalente a 25 especies. Por otro lado, las Liliópsidas contribuyeron con el 32.43 % restante (ver Cuadro N° 25).

Las familias Poaceae y Rosaceae destacaron por albergar el mayor número de especies, con 318 (72.77%) y 43 (9.84%) respectivamente. A continuación, se situó la familia Asteraceae, que registró 26 especies, representando el 5.95% del total de la riqueza identificada (ver Gráfico N° 29). Por otro lado, las familias Brassicaceae, Fabaceae, Geraniaceae, Lamiaceae, Plantaginaceae, Scrophulariaceae, Onagraceae, Solanaceae y Juncaceae, en conjunto, contribuyeron con el 11.44 % del total de especies registradas.

En los transectos evaluados, el punto de monitoreo PMB-02 destacó notablemente por su abundancia significativa, registrando un total de 309 individuos, mientras que el PMB-01 presentó una cifra ligeramente inferior con 128 individuos. Esta diferencia entre los puntos de monitoreo se atribuye al hecho de que en el año 2021 se iniciaron con la revegetación del Sector 1 del proyecto, donde se encuentra ubicado el PMB-02.

Se registró en este año un total de 437 individuos, siendo la especie dominante *Calamagrostis vicunarum*, con 106 registros, lo que constituye el 24.26% del total. En segundo lugar, se encuentra *Agrostis breviculmis*, con 90 individuos, representando el 20.59% del total; seguido por *Calamagrostis rigescens* y *Lachemilla pinnata*, con 69 y 43 individuos, respectivamente.

E. Estimación de la riqueza y abundancia en el año 2022

CUADRO N° 30: Riqueza y abundancia de especies de flora en el año 2022

N°	ESPECIE	NOMBRE CIENTÍFICO	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	<i>Achyrocline alata</i>	<i>Achyrocline alata</i> (Kunth) DC.	1	0	1	0.12
2	<i>Baccharis caespitosa</i>	<i>Baccharis caespitosa</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	0	1	1	0.12
3	<i>Baccharis tricuneata</i>	<i>Baccharis tricuneata</i> Wedd.	1	0	1	0.12
4	<i>Baccharis latifolia</i>	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	1	0	1	0.12
5	<i>Belloa</i> sp.	<i>Belloa</i> sp.	0	15	15	1.81
6	<i>Bidens andicola</i>	<i>Bidens andicola</i> Kunth	1	0	1	0.12
7	<i>Cotula australis</i>	<i>Cotula australis</i> (Sieber ex Spreng.) Hook. f.	0	6	6	0.72
8	<i>Gamochaeta americana</i>	<i>Gamochaeta americana</i> (Mill.) Wedd.	1	59	60	7.22
9	<i>Paranephelius ovatus</i>	<i>Paranephelius ovatus</i> A. Gray ex Wedd.	0	12	12	1.44
10	<i>Paranephelius uniflorus</i>	<i>Paranephelius uniflorus</i> Poepp.	0	7	7	0.84
11	<i>Senecio evacoides</i>	<i>Senecio evacoides</i> Sch. Bip.	0	1	1	0.12
12	<i>Senecio collinus</i>	<i>Senecio collinus</i> DC.	3	19	22	2.65
13	<i>Taraxacum officinale</i>	<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	1	0	1	0.12
14	<i>Werneria caespitosa</i>	<i>Werneria caespitosa</i> Wedd.	2	18	20	2.41
15	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Medik.	0	1	1	0.12
16	<i>Descurainia myriophylla</i>	<i>Descurainia myriophylla</i> (Willd. ex DC.) R.E. Fr.	10	1	11	1.32
17	<i>Lepidium bipinnatifidum</i>	<i>Lepidium bipinnatifidum</i> Desv.	1	2	3	0.36
18	<i>Silene</i> sp.	<i>Silene</i> sp.	0	1	1	0.12
19	<i>Muehlenbeckia volcanica</i>	<i>Muehlenbeckia volcanica</i> (Benth.) Endl.	1	0	1	0.12
20	<i>Astragalus garbancillo</i>	<i>Astragalus garbancillo</i> Cav.	0	2	2	0.24
21	<i>Trifolium amabile</i>	<i>Trifolium amabile</i> Kunth	0	8	8	0.96
22	<i>Galium</i> sp.	<i>Galium</i> Sp.	0	3	3	0.36
23	<i>Buddleja</i> sp.	<i>Buddleja</i> sp.	0	1	1	0.12
24	<i>Epilobium denticulatum</i>	<i>Epilobium denticulatum</i> Ruiz & Pav.	12	0	12	1.44
25	<i>Lachemilla pinnata</i>	<i>Lachemilla pinnata</i> Ruiz & Pav.	28	29	57	6.86
26	<i>Urtica echinata</i>	<i>Urtica echinata</i> Benth.	0	1	1	0.12
27	<i>Solanum acaule</i>	<i>Solanum acaule</i> Bitter	0	18	18	2.17

28	<i>Aciachne acicularis</i>	<i>Aciachne acicularis</i> Lægaard	0	24	24	2.89
29	<i>Agrostis breviculmis</i>	<i>Agrostis breviculmis</i> Hitchc.	0	47	47	5.66
30	<i>Bromus catharticus</i>	<i>Bromus catharticus</i> Vahl	1	0	1	0.12
31	<i>Calamagrostis heterophylla</i>	<i>Calamagrostis heterophylla</i> (Wedd.) Pilg.	3	27	30	3.61
32	<i>Calamagrostis brevifolia</i>	<i>Calamagrostis brevifolia</i> (J. Presl) Steud.	0	7	7	0.84
33	<i>Calamagrostis rigescens</i>	<i>Calamagrostis rigescens</i> (J. Presl) Scribn.	51	2	53	6.38
34	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	<i>Calamagrostis vicunarum</i> (Wedd.) Pilg.	0	198	198	23.83
35	<i>Dissanthelium calycinum</i>	<i>Dissanthelium calycinum</i> (J. Presl) Hitchc.	0	8	8	0.96
36	<i>Festuca dolichophylla</i>	<i>Festuca dolichophylla</i> J. Presl	5	30	35	4.21
37	<i>Jarava ichu</i>	<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav.	4	10	14	1.68
38	<i>Stipa ichu</i>	<i>Stipa ichu</i> Ruiz & Pav.	2	23	25	3.01
39	<i>Nassella mucronata</i>	<i>Nassella mucronata</i> (Kunth) R.W. Pohl	0	28	28	3.37
40	<i>Poa sp.</i>	<i>Poa sp.</i>	20	0	20	2.41
41	<i>Paspalum pygmaeum</i>	<i>Paspalum pygmaeum</i> Hack.	1	20	21	2.53
42	<i>Distichia acicularis</i>	<i>Distichia acicularis</i> Balslev & Laegaard	42	9	51	6.14
43	<i>Ephedra rupestris</i>	<i>Ephedra rupestris</i> Benth.	0	1	1	0.12
Total			192	639	831	100

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

En el año 2022, se identificó un total de 43 especies de flora silvestre, clasificadas en tres clases principales: Liliopsida, Magnoliopsida y Gnetopsida. Este inventario incluyó 11 órdenes taxonómicos, distribuidos en 14 familias botánicas y 35 géneros. Cada especie fue cuidadosamente clasificada en los niveles jerárquicos de Reino, División, Clase, Orden, Familia, Género y Especie, según se detalla en el Cuadro N° 24.

Las Magnoliópsidas predominaron en la zona, constituyendo el 62.79 % de las especies vasculares identificadas (27 especies), mientras que las Liliópsidas contribuyeron con el 34.88 % y las

Gnetópsidas representaron el 2.33 %, siendo *Ephedra rupestris* la única especie identificada en esta clase (Ver Cuadro N° 25).

Las familias con mayor diversidad de especies fueron Poaceae y Asteraceae, con 511 (61.49%) y 149 individuos (17.93 %) respectivamente, seguidas por las familias Rosaceae y Juncaceae con 57 (6.86 %) y 51 individuos (6.14 %), totalizando el 92.42 % de la riqueza botánica registrada. Otras familias, como Brassicaceae, Caryophyllaceae, Polygonaceae, Fabaceae, Rubiaceae, Scrophulariaceae, Onagraceae, Urticaceae, Solanaceae y Ephedraceae, representaron conjuntamente el 7.58 %. Las gramíneas (Poaceae) destacaron como la familia más abundante con 511 individuos, seguidas por Asteraceae con 149 individuos en ambientes de "pajonal-césped". Poaceae, representada por especies como *Calamagrostis vicunarum*, *Calamagrostis rigescens*, *Agrostis breviculmis*, *Distichia acicularis*, *Festuca dolichophylla* y *Calamagrostis heterophylla*, constituyen los pastizales y pajonales. Por otro lado, la familia Asteraceae incluye especies como *Gamochaeta americana*, *Senecio collinus* y *Werneria caespitosa*, con amplia distribución en el área de estudio (Cuadro N° 30).

El total de individuos registrados fue de 831, siendo *Calamagrostis vicunarum* la especie dominante con 198 registros (23.83 % del total). *Gamochaeta americana* se presenta en segundo lugar con 60 individuos (7.22 %), seguida por *Lachemilla pinnata* con 57 individuos (6.86 %), y luego *Calamagrostis*

rigescens y *Distichia acicularis* con 57 y 51 individuos respectivamente.

En la zona de estudio, el orden taxonómico Poales destaca como el más representativo, con 15 especies y 562 individuos. Le sigue el orden Asterales, con 14 especies y 149 individuos. Las demás órdenes, como Brassicales, Fabales, Solanales, Lamiales, Rosales, Myrtales, Caryophyllales, Gentianales y Ephedrales, presentan menos de 3 especies de flora cada una.

F. Categorización de abundancia de especies de flora durante los años 2018-2022

CUADRO N° 31: Resumen del parámetro de abundancia de especies (2018 – 2022)

DIVERSIDAD	RANGO DE ABUNDANCIA	NÚMERO DE ESPECIES				
		2018	2019	2020	2021	2022
Muy raro	<5	7	11	10	23	17
Raro	5 - 15	8	3	8	9	9
Escaso	15 - 30	1	3	2	1	9
Abundante	30 - 100	2	2	2	3	7
Muy abundante	> 100	0	0	0	1	1
Total		18	19	22	37	43

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

Los datos presentados en el Cuadro N° 31 muestran la diversidad y el rango de abundancia de especies registradas en los años 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022.

En 2018, se registraron 18 especies y 198 individuos en total, de las cuales 7 especies fueron clasificadas como "Muy raras" (con

menos de 5 individuos), 8 como "Raras" (entre 5 y 15 individuos), 1 como "Escasa" (entre 15 y 30 individuos), 2 como "Abundantes" (entre 30 y 100 individuos) y ninguna como "Muy abundante" (más de 100 individuos).

Para el año 2019, se identificaron 19 especies y 266 individuos en total, con una distribución de abundancia similar a 2018, pero con un aumento en las especies consideradas "Muy raras" y una disminución en las clasificadas como "Raras", además de un incremento en las especies clasificadas como "Escasas".

En el año 2020, se registraron 22 especies y 221 individuos en total, con una distribución de abundancia más uniforme, destacándose un aumento en las especies clasificadas como "Raras".

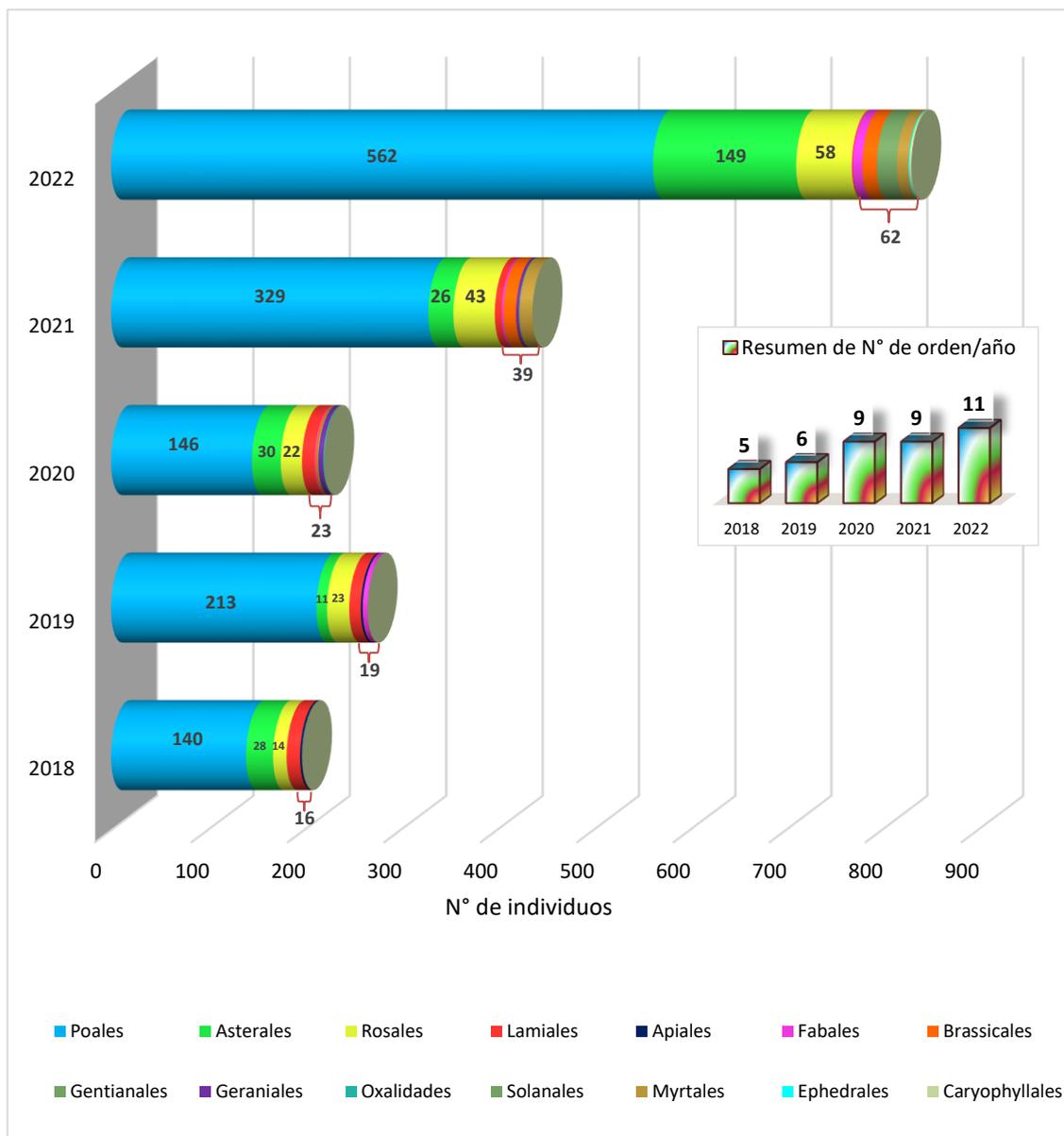
En 2021, el número total de especies registradas aumentó significativamente a 37 y a 437 individuos, con una mayor presencia en todas las categorías de abundancia, especialmente en las categorías de "Muy raras" y "Raras".

Finalmente, en 2022 se registraron 43 especies y 831 individuos en total, con una distribución similar al año anterior, pero con un ligero aumento en las especies consideradas "Muy raras", "Escasas" y "Abundantes", y la inclusión de una especie clasificada como "Muy abundante".

En resumen, a lo largo de estos años se observa un aumento en la diversidad y la abundancia de especies registradas, con un incremento notable en 2021 y 2022.

G. Abundancia de flora por Orden Taxonómico (2018 – 2022)

GRÁFICO N° 5: Abundancia de flora por Orden Taxonómico por año



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación

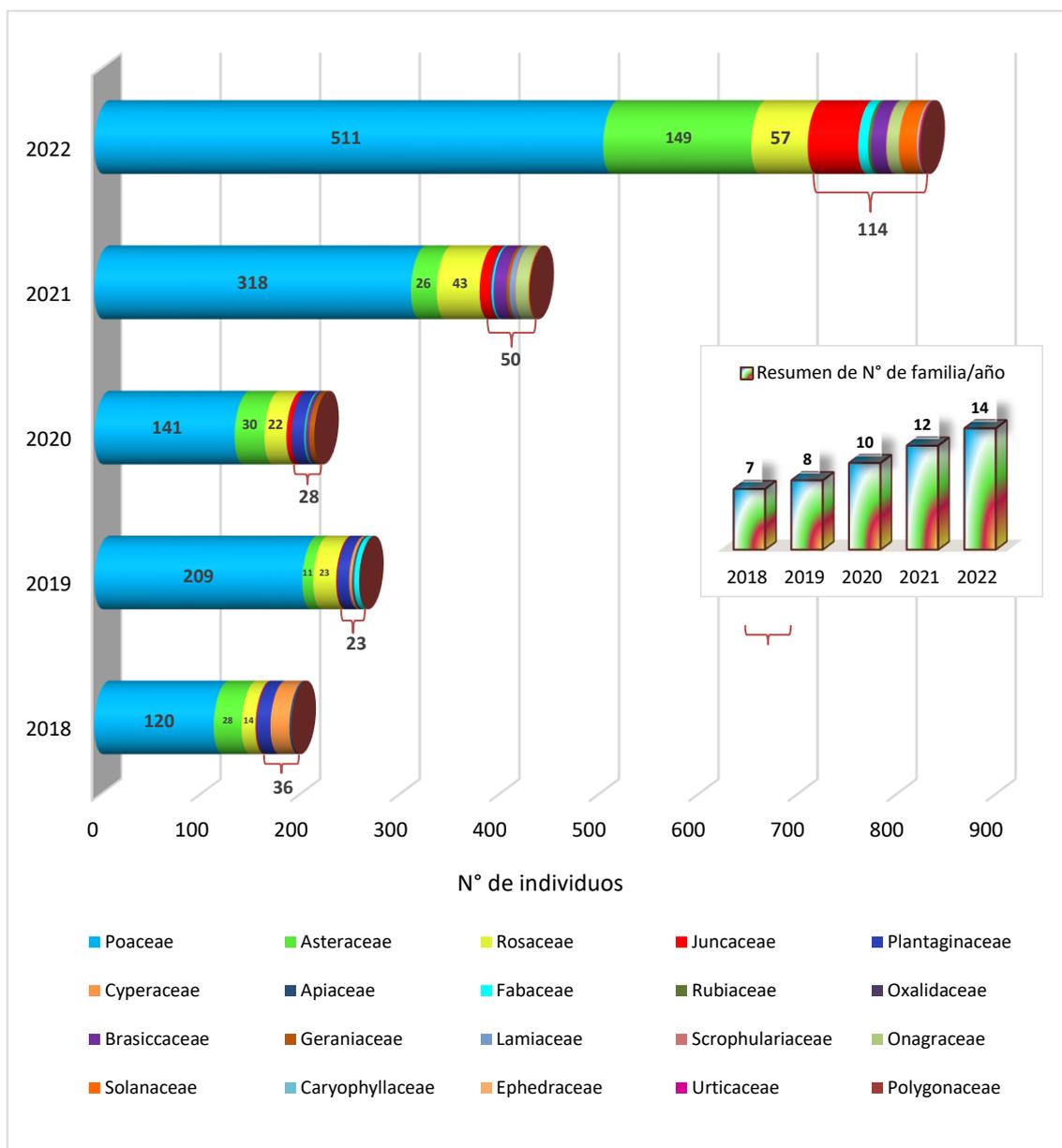
Estos datos representan la cantidad de individuos de especies de flora registradas bajo diferentes órdenes taxonómicos durante los años 2018-2022. En 2018, el orden taxonómico Poales fue el más dominante con 140 individuos, seguido por Asterales con 28 individuos. Los órdenes Rosales y Lamiales estuvieron presentes con

14 individuos cada uno, y el orden Apiales también estuvo presente, pero en menor medida. Registrando en total en el área de estudio, 5 órdenes taxonómicos. En 2019, Poales aumentó su predominio con 213 individuos, mientras que Asterales, Rosales, Lamiales y Apiales mantuvieron cierta presencia. Se observó un incremento en Fabales en comparación con el año anterior, registrando en total 6 órdenes taxonómicos. Para el año 2020, Poales disminuyó ligeramente a 146 individuos, mientras que Asterales mostró un aumento a 30 individuos. Los órdenes Rosales y Lamiales mantuvieron su población casi similar al año anterior. Se incrementaron los órdenes Brassicales, Gentianales, Geraniales y Oxalidades, mientras que disminuyó su población el orden Apiales. En total se registraron 9 órdenes taxonómicos. En 2021, Poales experimentó un aumento significativo a 329 individuos, consolidando su posición dominante. Asterales, Rosales, Brassicales y Myrtales también mostraron un aumento en comparación con el año anterior. Se añadió a la diversidad botánica del área de estudio el orden Solanales y se extinguió el orden Oxalidades. En 2022, Poales se destacó con un aumento considerable a 562 individuos, mientras que el orden Asterales incrementó a 149 individuos. Otros órdenes como Rosales, Fabales y Solanales también mostraron incrementos significativos. Se añadieron a la diversidad florística los órdenes Ephedrales y Caryophyllales, mientras que el orden Lamiales y Geraniales redujeron su población. Registrando en total 11 órdenes taxonómicos.

En resumen, estos datos muestran fluctuaciones en la abundancia de especies de flora según los órdenes taxonómicos a lo largo de estos cinco años, Poales siendo consistentemente el orden más abundante, seguido de cerca por Asterales y Rosales en algunos años. En total, se registraron 14 órdenes taxonómicos distintos en el área de estudio durante este período.

H. Abundancia de flora por Familia Taxonómica (2018 – 2022)

GRÁFICO N° 6: Abundancia de flora por Familia Taxonómica por año



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Estos datos presentan la riqueza de flora por familia taxonómica durante los años 2018-2022 en la zona de investigación. En 2018, la familia con mayor riqueza de especies fue Poaceae con 120 individuos, seguida por Asteraceae con 28 individuos. Cyperaceae, Rosaceae y Plantaginaceae también mostraron una presencia significativa con 19, 14 y 14 individuos respectivamente. La familia Apiaceae y Juncaceae presentaron menos de 2 individuos cada uno, registrándose un total de 7 familias taxonómicas. En 2019, Poaceae aumentó su riqueza a 209 especies, mientras que Asteraceae y Rosaceae mantuvieron cierta presencia. Se observó la aparición de la familia Fabaceae, registrando en total 8 familias distintas. Para el año 2020, Poaceae continuó siendo la familia más rica con 141 individuos, seguida por Asteraceae y Rosaceae. Las familias Juncaceae y Plantaginaceae mostraron un aumento en su riqueza. Se incrementaron nuevas familias como Rubiaceae, Oxalidaceae, Brassicaceae y Geraniaceae, mientras que las familias Cyperaceae y Apiaceae redujeron su población. Se registró un total de 10 familias taxonómicas. En 2021, Poaceae experimentó un aumento significativo en su riqueza con 318 individuos, consolidándose como la familia más rica. Se observaron aumentos en la riqueza de Rosaceae, Juncaceae, Fabaceae y Onagraceae. Se incrementaron nuevas familias como Lamiaceae, Scrophulariaceae, Onagraceae y Solanaceae, sin embargo, no se registró población de la familia Rubiaceae y Oxalidaceae en este año. Se registró un total de 12 familias botánicas. En 2022, Poaceae

destacó con una riqueza de 511 individuos, seguida por Asteraceae con 149 individuos. Rosaceae también mostró un aumento en su riqueza. Otras familias como Juncaceae, Fabaceae, Brassicaceae y Solanaceae también mostraron incrementos significativos en comparación con años anteriores. Se incrementaron 4 nuevas familias, las cuales son: Caryophyllaceae, Ephedraceae, Urticaceae y Polygonaceae. No se registraron individuos de las familias Plantaginaceae, Geraniaceae y Lamiaceae. En total en el área de estudio para este año se registraron 14 familias botánicas.

En resumen, estos datos muestran cómo la riqueza de flora varía por familia taxonómica, siendo Poaceae la familia más abundante, seguida por Asteraceae y Rosaceae. En el área de investigación se registraron en total 20 familias taxonómicas distintas a lo largo de estos 5 años.

I. Abundancia de flora por Genero Taxonómico y especie (2018 – 2022)

Interpretación: Genero Taxonómico

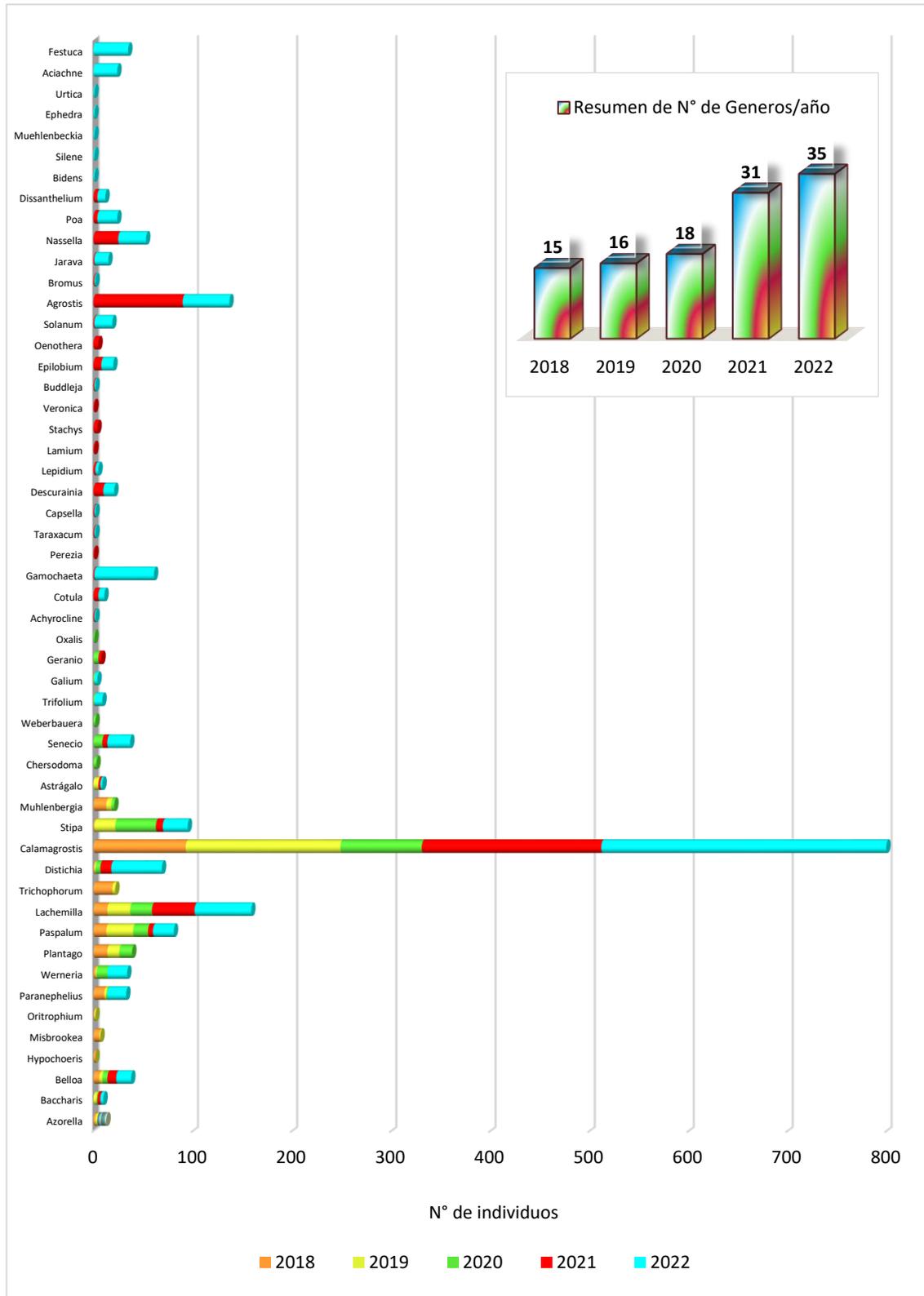
El Gráfico N° 7, presenta la abundancia de diversos géneros taxonómicos de flora durante los años 2018-2022. En 2018, se destacan los géneros más abundantes como Calamagrostis (93 individuos), Trichophorum (19 individuos), Lachemilla y Plantago con 14 individuos cada uno, seguidos por Paspalum y Muhlenbergia con 13 individuos cada uno. Se registraron en total 15 órdenes taxonómicos, de los cuales los 9 restantes presentaron menos de 11 individuos cada uno. En 2019, se observa un incremento en la

abundancia de especies como *Calamagrostis* (156 individuos), *Paspalum* (27 individuos), *Lachemilla* (23 individuos) y *Stipa* (21 individuos), otros géneros como *Plantago*, *Muhlenbergia* y *Astrágalo* mostraron una abundancia media. Se registraron en total 16 géneros taxonómicos. Para el año 2020, se contabilizaron individuos de 18 géneros en total, siendo *Calamagrostis* (82 individuos), *Stipa* (41 individuos), *Lachemilla* (22 individuos) y *Paspalum* (15 individuos) los más abundantes. Algunas especies como *Plantago*, *Werneria*, *Senecio*, *Belloa*, *Distichia* y *Geranio* también presentaron cierta presencia. En 2021, *Calamagrostis* (181 individuos), *Agrostis* (90 individuos), *Lachemilla* (43 individuos) y *Nassella* (25 individuos) son las especies más abundantes. Se observa una mayor abundancia de géneros como *Distichia*, *Belloa*, *Descurainia* y *Epilobium* en comparación con años anteriores, registrando un total de 31 géneros taxonómicos. En 2022, se destaca la alta abundancia de especies como *Calamagrostis* (288 individuos), *Gamochaeta* (60 individuos), *Lachemilla* (57 individuos), *Distichia* (51 individuos) y *Agrostis* (47 individuos). Se registraron 35 géneros en total, incluyendo 7 géneros no observados en años anteriores: *Bidens*, *Silene*, *Muehlenbeckia*, *Ephedra*, *Urtica*, *Aciachne* y *Festuca*.

En resumen, estos datos revelan la variabilidad en la abundancia de diferentes géneros de flora a lo largo de cinco años, con algunos como *Calamagrostis* y *Lachemilla* siendo consistentemente abundantes, mientras que otros muestran fluctuaciones en su

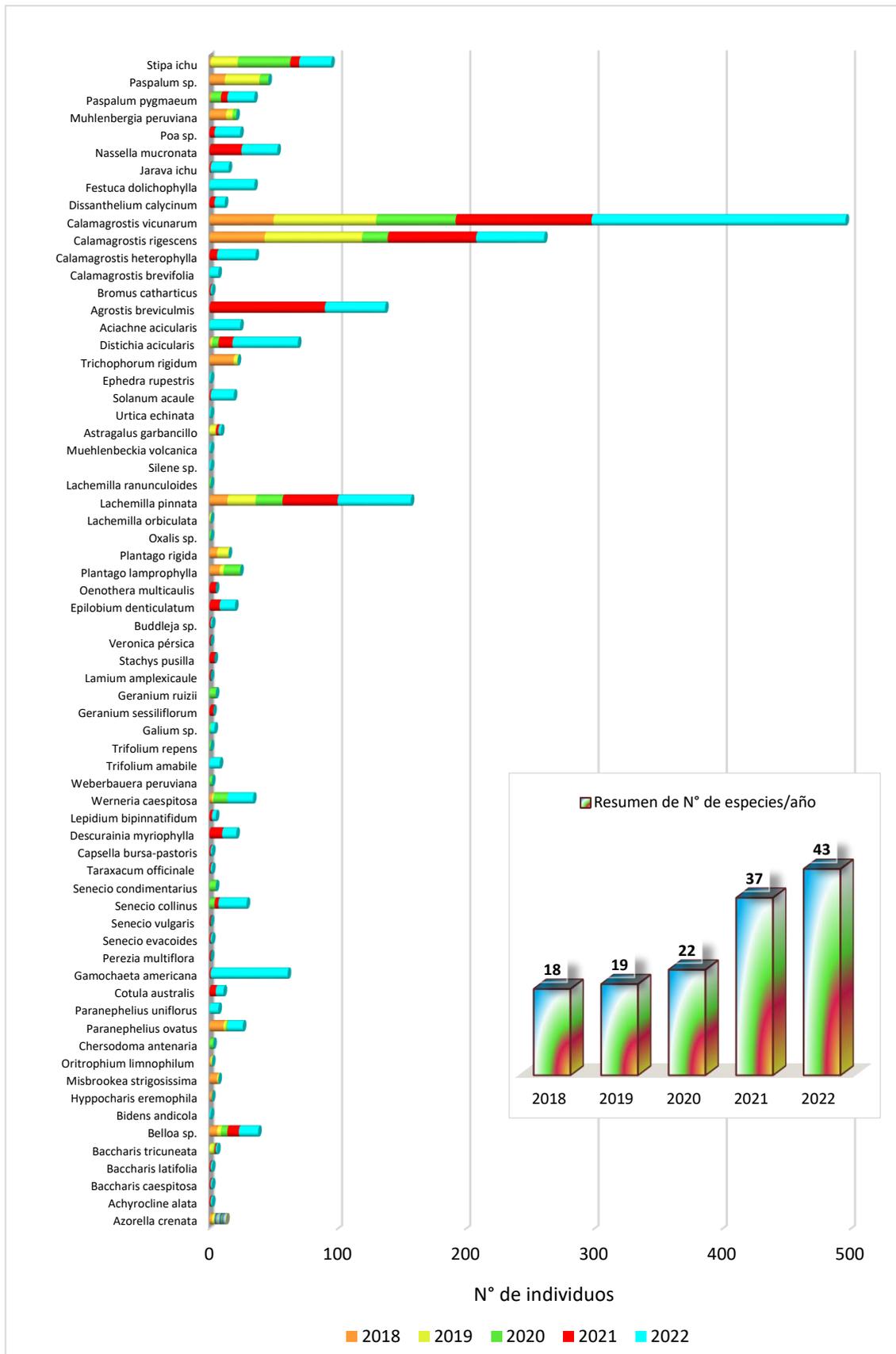
abundancia a lo largo del tiempo. En total, se registraron 52 géneros taxonómicos distintos durante el periodo de estudio.

GRÁFICO N° 7: Abundancia de flora por Genero Taxonómico por año



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 8: Abundancia de flora por especie por año



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Especies

El Gráfico N° 8 ilustra la abundancia de diversas especies de flora durante el período entre 2018 y 2022 en el área de influencia de la remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior, abarcando un total de 67 especies botánicas distintas.

En 2018, se evidencia una baja abundancia en la mayoría de las especies, siendo notable la presencia de *Calamagrostis vicunarum* (50 individuos) y *Calamagrostis rigescens* (43 individuos), seguidas por *Trichophorum rigidum* (19 individuos), *Lachemilla pinnata* (14 individuos), *Muhlenbergia peruviana* (13 individuos), *Paspalum sp.* (12 individuos) y *Paranephelium ovatus* (11 individuos). Las otras 11 especies restantes mostraron abundancias inferiores a 9 individuos cada una. En total, se registraron 18 especies de flora en este año.

En el año 2019, se observa un aumento en la abundancia de varias especies, siendo *Calamagrostis vicunarum* (80 individuos), *Calamagrostis rigescens* (76 individuos), *Paspalum sp.* (27 individuos), *Lachemilla Pinnata* (22 individuos) y *Stipa ichu* (21 individuos) las más abundantes. Se registro un individuo de la especie *Distichia acicularis*, *Lachemilla orbiculata*, *Werneria caespitosa*, *Oritrophium limnophilum* y *Misbrookea strigosissima*, sumando en total 19 especies de flora identificadas en la zona de estudio. En este año se registró 3 nuevas especies (*Baccharis tricuneata*, *Lachemilla orbiculata*, *Astragalus garbancillo*) y no se registró 2 especies a comparación con el año anterior (*Hyppocharis eremophila* y

Paspalum pygmaeum). La especie *Hyppocharis eremophila* solo se registró en el 2018, no volviendo a registrar en los años posteriores.

En el año 2020, se observa un aumento significativo en la abundancia de varias especies, como *Stipa ichu* (41 individuos), *Plantago lamprophylla* (13 individuos), *Werneria caespitosa* (11 individuos) y *Paspalum pygmaeum* (8 individuos), en comparación con el año anterior. Sin embargo, *Calamagrostis vicunarum* (62 individuos) y *Calamagrostis rigescens* (20 individuos) experimentaron una disminución en su abundancia con respecto a 2019. La especie *Lachemilla pinnata* mantuvo su población respecto al año anterior. Además, especies como *Baccharis tricuneata*, *Paranephelium ovatus*, *Trifolium repens*, *Galium sp.*, *Oxalis sp.*, y *Lachemilla ranunculoides* estuvieron representadas por un solo individuo. Esta reducción notable en la abundancia de las especies registradas puede atribuirse a las actividades intensivas de remediación llevadas a cabo durante la reactivación económica tras la pandemia COVID-19. En este año se registró un total de 22 especies, de las cuales, se identificaron 10 especies nuevas y no se observaron 7 especies en comparación con el año anterior.

En 2021, se evidencia un aumento significativo en la abundancia de varias especies, siendo *Calamagrostis vicunarum* (106 individuos), *Agrostis breviculmis* (90 individuos), *Calamagrostis rigescens* (69 individuos), *Lachemilla pinnata* (43 individuos) y *Nassella mucronata* (25 individuos) las más abundantes. La población de la especie *Distichia acicularis* aumentó a 11 individuos en

comparación con el año anterior. Por otro lado, especies como *Achyrocline alata*, *Baccharis caespitosa*, *Baccharis tricuneata*, *Gamochaeta americana*, *Perezia multiflora*, *Senecio evacoides*, *Senecio vulgaris*, *Taraxacum officinale*, *Capsella bursa-pastoris*, *Lamium amplexicaule*, *Veronica pérsica*, *Buddleja sp.*, *Solanum acaule*, *Bromus catharticus* y *Jarava ichu* estuvieron representadas por un solo individuo. En total, se registraron 37 especies en la zona de estudio, incluyendo 27 especies nuevas de flora. No se observaron 13 especies inventariadas en el año anterior y se volvió a registrar una especie que no fue observada en 2020.

En el periodo 2022, se destaca un notable aumento en la abundancia de varias especies, siendo *Calamagrostis vicunarum* (198 individuos), *Gamochaeta americana* (60 individuos), *Lachemilla pinnata* (57 individuos), *Calamagrostis rigescens* (53 individuos) y *Distichia acicularis* (51 individuos) las más abundantes. En términos de abundancia media, se encuentran especies como *Agrostis breviculmis*, *Festuca dolichophylla*, *Calamagrostis heterophylla*, *Nassella mucronata*, *Stipa ichu*, *Aciachne acicularis*, *Senecio collinus*, *Paspalum pygmaeum*, *Werneria caespitosa* y *Poa sp.*, presentando una abundancia entre 20 y 50 individuos cada una. En total, se registraron 43 especies, de las cuales, 28 especies presentaron una abundancia inferior a 20 individuos. Durante este año se identificaron 10 nuevas especies de flora, se volvieron a registrar 3 especies que no fueron observadas en 2021 y no se registraron 7 especies que fueron consideradas en el inventario del 2021.

Se realizó un análisis detallado de cada una de las especies registradas en la zona de estudio, que se resume de la siguiente manera:

Especies presentes durante todo el periodo (2018 – 2022)

- *Belloa sp.*: En 2018 contaba con 6 individuos y en 2022 aumentó a 15 individuos.
- *Lachemilla pinnata*: Presentó un aumento considerable de 14 individuos en 2018 a 57 individuos en 2022.
- *Distichia acicularis*: Pasó de 1 individuo en 2018 a 51 individuos en 2022.
- *Stipa ichu*: Registró un aumento de un individuo en 2018 a 25 individuos en 2022.
- *Calamagrostis rigescens*: De 43 individuos en 2018, aumentó a 53 individuos en 2022.
- *Calamagrostis vicunarum*: Experimentó un incremento significativo de 50 individuos en 2018 a 198 individuos en 2022, siendo la especie más abundante.

Especies presentes durante cuatro de los cinco años estudiados

- *Paranephelium ovatus*: Fue registrado por primera vez en 2018 con 11 individuos, posteriormente su población disminuyó hasta que en 2021 no se registró ningún individuo, pero se recuperó en 2022 con 12 individuos.
- *Werneria caespitosa*: Se registró en 2018 con 2 individuos, experimentando un aumento en su población a 11 individuos en

2020, luego disminuyó a 0 individuos en 2021 y volvió a incrementarse considerablemente a 20 individuos en 2022.

- *Paspalum pygmaeum*: Se detectó en 2018 con un individuo, su población disminuyó a 0 individuos en 2019, aumentó a 8 individuos en 2020 y en 2022 se registraron 21 individuos.
- *Baccharis tricuneata*: Se identificó por primera vez en 2019 con 3 individuos, y en los últimos años fue representada por 1 individuo.

Especies presentes durante tres de los cinco años estudiados

- *Plantago lamprophylla*, *Muhlenbergia peruviana* y *Paspalum sp.*: Presentes en el periodo 2018 - 2020 pero ausentes en 2021 y 2022.
- *Astragalus garbancillo*: Se registro por primera vez en el año 2019, en el 2020 no se registró ningún individuo y en los años 2021 y 2022 estuvo presente con 2 individuos.
- *Senecio collinus*: Registró un aumento notable en la población desde 2020 hasta 2022.

Especies presentes en dos de los cinco años estudiados

Se identificaron 26 especies que exhibieron una presencia intermitente, con algunos casos mostrando una continuidad considerable en la diversidad florística.

- *Trichophorum rigidum*, *Plantago rigida*, *Misbrookea strigosissima*, *Oritrophium limnophilum* y *Azorella crenata* se identificaron en 2018, siendo su último registro en 2019; en años posteriores ya no se detectaron individuos de estas especies. Y, *Galium sp.* se observó por primera vez en 2020 con un individuo,

pero no se registraron individuos de esta especie en 2021, aunque en 2022 se identificaron 3 individuos.

- *Achyrocline alata*, *Baccharis caespitosa*, *Baccharis latifolia*, *Cotula australis*, *Gamochaeta americana*, *Senecio evacoides*, *Taraxacum officinale*, *Capsella bursa-pastoris*, *Descurainia myriophylla*, *Lepidium bipinnatifidum*, *Buddleja sp.*, *Epilobium denticulatum*, *Solanum acaule*, *Agrostis breviculmis*, *Bromus catharticus*, *Calamagrostis heterophylla*, *Dissanthelium calycinum*, *Jarava ichu*, *Nassella mucronata* y *Poa sp.* son especies registradas en 2021 que experimentaron un aumento en su abundancia en 2022, lo que evidencia una mejora en las condiciones ambientales de la zona de estudio con respecto a años anteriores, cuando la abundancia de las especies fluctuaba considerablemente en la zona de remediación.

Especies presentes solo en uno de los cinco años estudiados

Se identificaron 26 especies presentes solo en un año, indicando una presencia esporádica en la zona de estudio. Entre estas especies se encuentran:

- *Hyppocharis eremophila*, que solo se registró en 2018 con 2 individuos y no se observó en años posteriores.
- *Lachemilla orbiculata*, con un único individuo registrado en 2019.
- *Chersodoma antenaria*, *Senecio condimentarius*, *Weberbaueria peruviana*, *Trifolium repens*, *Geranium ruizii*, *Oxalis sp.* y *Lachemilla ranunculoides*, que fueron avistadas únicamente en 2020, con un número inferior a 5 individuos cada una.

- *Perezia multiflora*, *Senecio vulgaris*, *Geranium sessiliflorum*, *Lamium amplexicaule*, *Stachys pusilla*, *Veronica pérsica* y *Oenothera multicaulis*, registradas exclusivamente en 2021 con menos de 4 individuos cada una.
- *Bidens andicola*, *Paranephelius uniflorus*, *Trifolium amabile*, *Silene sp.*, *Muehlenbeckia volcanica*, *Urtica echinata*, *Ephedra rupestris*, *Aciachne acicularis*, *Calamagrostis brevifolia* y *Festuca dolichophylla*, identificadas por primera vez en 2022, con expectativas de que su población incremente en el área evaluada en los próximos años. Específicamente, *Festuca dolichophylla* presentó 35 individuos y *Aciachne acicularis* 24 individuos, lo que indica un incremento considerable en la composición florística del área de estudio.

En síntesis, se observa una variabilidad en la abundancia de especies vegetales durante este lustro, con algunas evidenciando una tendencia ascendente constante en su población, mientras que otras experimentan fluctuaciones.

Se destaca la consistente presencia de *Calamagrostis vicunarum* como una de las especies más predominantes en el área de estudio a lo largo de estos años. A partir de 2021, esta especie ha sido catalogada como "Muy Abundante" según la clasificación de abundancia de especies (véase Cuadro N° 31). Le siguen en importancia *Calamagrostis rigescens*, *Lachemilla Pinnata*, *Agrostis breviculmis* y *Stipa ichu*.

4.2.3.2. Índice de Shannon (H')

CUADRO N° 32: Índice de diversidad de Shannon

AÑOS	RIQUEZA	ABUNDANCIA	ÍNDICE DE SHANNON (Con base ln)	INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD (CESEL, 2021)
2018	18	198	2.294	Mediana diversidad
2019	19	266	2.003	Mediana diversidad
2020	22	221	2.377	Mediana diversidad
2021	37	437	2.432	Mediana diversidad
2022	43	831	2.946	Alta diversidad

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

El índice de Shannon, utilizado para evaluar la diversidad vegetal, se mantuvo constante alrededor de 2.294 en 2018, 2019 y 2020, indicando una "mediana diversidad". En 2021, se observó un notable aumento en la riqueza y la abundancia de especies, con un índice ligeramente superior de 2.432, aunque la diversidad se mantuvo en el rango de "mediana", la tendencia ascendente muestra una mejora en la composición y la estructura de la comunidad vegetal.

Para el año 2022, se registró un significativo incremento tanto en la riqueza de especies como en la abundancia, con 43 especies y 831 individuos, respectivamente. Esto resultó en un índice de Shannon notablemente más alto de 2.946, clasificado como "alta diversidad".

Estos resultados indican que las actividades de remediación en el Pasivo Ambiental Minero Excelsior han promovido un aumento en la diversidad de la flora en el área, evidenciando una mejora en las condiciones ambientales y la recuperación del ecosistema afectado.

4.2.3.3. Índice de Simpson ($1 - \lambda$)

CUADRO N° 33: Índice de diversidad de Simpson

AÑOS	RIQUEZA	ABUNDANCIA	DIVERSIDAD	INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD (Menhinick, 1964)
2018	18	198	0.859	Diversidad alta
2019	19	266	0.802	Diversidad alta
2020	22	221	0.859	Diversidad alta
2021	37	437	0.858	Diversidad alta
2022	43	831	0.912	Diversidad alta

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Los resultados de este análisis se muestran en el Cuadro N° 33 y en base a los mismos podemos inferir que existe una tendencia de "diversidad alta" en la zona de remediación del pasivo ambiental minero Excelsior.

En 2018, 2019 y 2020, el índice se mantuvo constante en 0.859, indicando una alta diversidad. En 2021, aunque hubo un ligero descenso en el índice a 0.858, la diversidad aún se consideró alta debido a la presencia de 37 especies.

Finalmente, en 2022, se registró un aumento significativo en el índice a 0.912, lo que refleja una mayor abundancia en la distribución de especies dominantes en el área de estudio.

Estos hallazgos implican que las medidas de remediación aplicadas han logrado fomentar y conservar la variedad de especies vegetales en la región.

4.2.3.4. Índice de Margalef (Dmg)

CUADRO N° 34: Índice de diversidad de Margalef

AÑOS	RIQUEZA	ABUNDANCIA	DIVERSIDAD	INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD (CESEL, 2021)
2018	18	198	3.215	Mediana diversidad
2019	19	266	3.224	Mediana diversidad
2020	22	221	3.890	Mediana diversidad
2021	37	437	5.921	Alta diversidad
2022	43	831	6.248	Alta diversidad

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Los resultados del índice de Margalef revelan una tendencia ascendente en la diversidad específica de la flora en el área de remediación del pasivo ambiental minero Excelsior durante el período de análisis.

En 2018 y 2019, se observó una diversidad de especies de nivel medio, con valores de 3.215 y 3.224 respectivamente. No obstante, en 2020, se registró un incremento ligero en la diversidad, alcanzando un índice de 3.890.

La evolución más destacada se aprecia en los años 2021 y 2022, donde la diversidad específica experimentó un notable aumento, con valores significativamente más elevados de 5.921 y 6.248 respectivamente, catalogados como niveles de alta diversidad. Estos resultados ponen de manifiesto la eficacia de las estrategias de remediación aplicadas para fomentar la biodiversidad en el área de estudio.

4.2.3.5. Índice de Pielou (J')

CUADRO N° 35: Índice de diversidad de Pielou

AÑOS	RIQUEZA	ABUNDANCIA	DIVERSIDAD
2018	18	198	0.794
2019	19	266	0.680
2020	22	221	0.769
2021	37	437	0.674
2022	43	831	0.783

Fuente: Elaboración propia

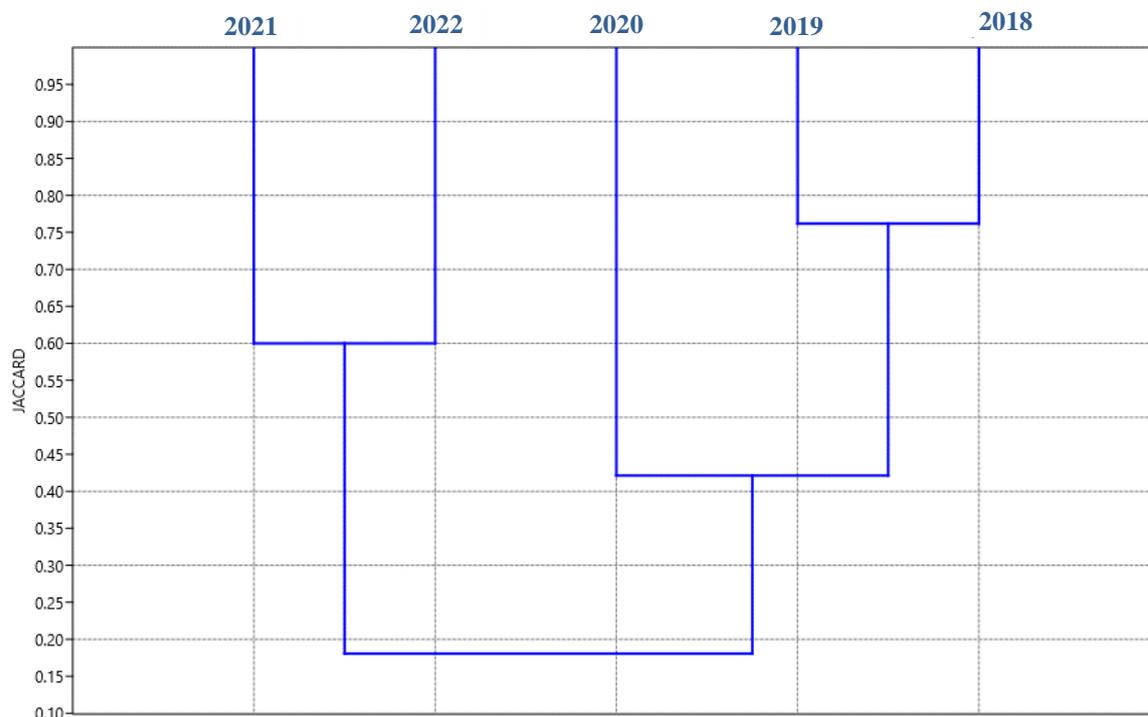
Interpretación

El índice de Pielou, que mide la equidad en la distribución de la abundancia de especies dentro de una comunidad, revela variaciones en la uniformidad de la distribución de especies de flora en el área de remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior durante el período analizado.

En 2018 y 2020, se evidencia una distribución más uniforme con valores de 0.794 y 0.769 respectivamente, indicando una equidad aceptable entre las especies presentes. Sin embargo, en 2019 y 2021, los valores de 0.680 y 0.674 señalan una distribución menos uniforme, con cierta preeminencia de algunas especies sobre otras en la comunidad. Por otro lado, en 2022, se vuelve a observar una distribución más equitativa con un índice de 0.783. Estos hallazgos evidencian que la composición y la estructura de la comunidad de flora pueden haber experimentado cambios notorios a lo largo del período estudiado, con ciertas especies aumentando su dominancia en determinados periodos.

4.2.3.6. Índice de Jaccard (Ij)

FIGURA N° 19: Dendrograma del índice de similitud de Jaccard



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 36: Índice de diversidad de Jaccard

AÑOS	ÍNDICE	INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DE JACCARD (SANDRO, 2014)
2018 - 2019	> 0.75	Alta semejanza
2021 - 2022	0.60	Alta semejanza
2018 – 2019 - 2020	> 0.40	Semejanza media
2021 – 2022 – 2020 – 2019 - 2018	> 0.15	Muy baja semejanza

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

El dendrograma del coeficiente de similitud de Jaccard y el Cuadro N° 36, revelan la heterogeneidad de especies identificadas durante los años de evaluación en la zona de estudio. Se observan dos grupos distintos: el primero abarca los años 2018, 2019 y 2020, con valores de similitud superiores al 40% (> 0.40), lo que indica una semejanza media

en la distribución de especies en la región. El subgrupo 2018 y 2019 muestra una similitud superior al 75% (> 0.75), clasificado como alta semejanza, lo que evidencia una coherencia notable en la composición de especies durante este período. Por otro lado, el segundo grupo incluye la diversidad de especies de flora registradas en los años 2021 y 2022, con valores de similitud superiores al 60% (0.60), clasificándose como alta semejanza. Esta similitud se debe a la presencia de nuevas especies en 2021 que se mantuvieron registradas en 2022, lo que indica continuidad y coherencia en la composición de especies entre estos dos años. Además, la similitud es mayor a 0.15 respecto al grupo 1, conformado por la diversidad biológica registrada en los años 2018, 2019 y 2020.

4.2.3.7.Sensibilidad

CUADRO N° 37: Especies de Flora Categorizadas por su Estado de Conservación a Nivel Nacional e Internacional

ESPECIE	POBLACIÓN ⁺	IUCN (2023)	IUCN *	CITES (2023)	D.S N° 043-2006-AG	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA
<i>Azorella crenata</i>	<i>Estable</i>	LC	2018	-	-	(Timayá de la Flor et al., 2019)
<i>Baccharis latifolia</i>	<i>Desconocido</i>	LC	2014	-	-	(Vacas et al, 2021)
<i>Distichia acicularis</i>	<i>Decreciente</i>	LC	2014	-	-	(De la Barra et al.,2022)
<i>Ephedra rupestris</i>	<i>Estable</i>	LC	2010	-	CR	(Bell & Bachman, 2011)
<i>Plantago rigida</i>	<i>Estable</i>	LC	2018	-	-	(Trinidad et.al.,2019)
<i>Senecio condimentarius</i>	<i>Desconocido</i>	LC	2018	-	-	(Trinidad et.al.,2019)
<i>Solanum acaule</i>	<i>Estable</i>	LC	2018	-	NT	(Cadima et.al., 2020)
<i>Trifolium amabile</i>	<i>Estable</i>	LC	2010	-	-	(Lopez, 2012)
<i>Werneria caespitosa</i>	<i>Estable</i>	LC	2018	-	-	(Trinidad & Montesinos, 2019)

Fuente: Elaboración propia

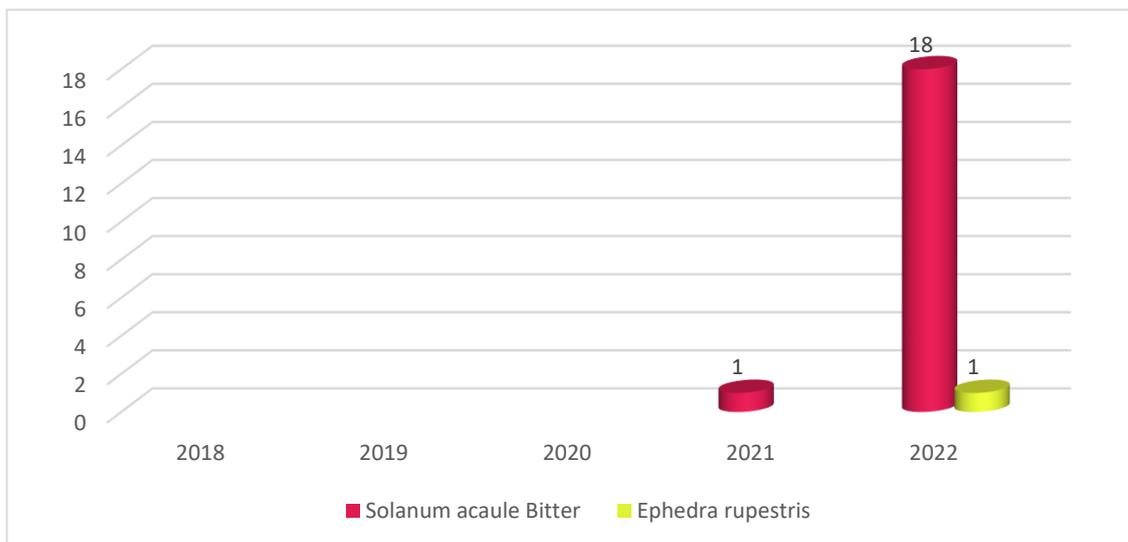
* Evaluada por última vez para la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN

⁺Tendencia de población

Preocupación Menor (LC), En Peligro Crítico (CR), Amenazado (NT).

A. Legislación Nacional

GRÁFICO N° 9: Especies de conservación del D.S. N° 043-2006-AG.



Fuente: Elaboración propia

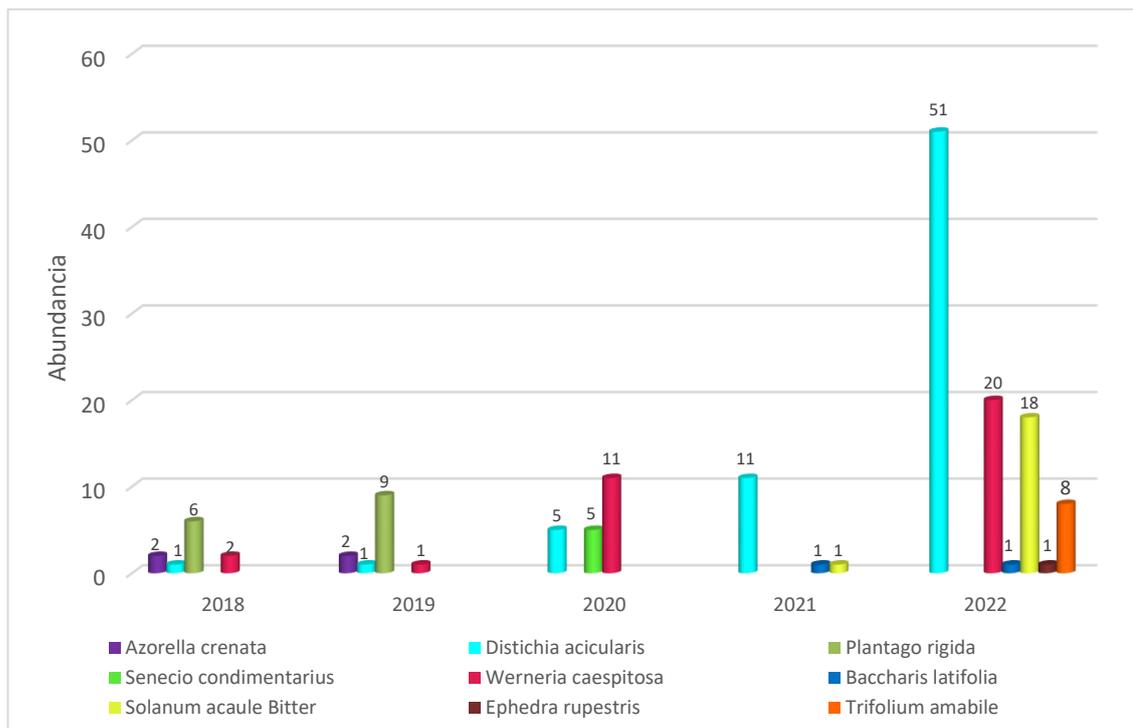
Interpretación

El Gráfico N° 9, muestra la presencia de dos especies enlistadas en la clasificación de especies amenazadas de flora silvestre según el D.S. N° 043-2006-AG. *Solanum acaule* fue inicialmente avistada en 2021 con un único individuo, experimentando luego un aumento significativo a 18 individuos en 2022, lo que sugiere una posible recuperación o un incremento en el éxito reproductivo de esta especie en el área de estudio. Por otro lado, *Ephedra rupestris* fue detectada con un individuo en 2022, confirmando su presencia en el área evaluada. La especie *Ephedra rupestris* se encuentra clasificada como Peligro Crítico (CR), indicando que la mejor evidencia disponible sobre este taxón señala una reducción de sus poblaciones, una distribución geográfica limitada (menos de 100 km²), una población de menos de 250 individuos maduros, y un análisis cuantitativo que muestra una probabilidad de extinción en estado

silvestre de al menos el 50% en 10 años o tres generaciones (OSINFOR, 2013). Por su parte, *Solanum acaule* está clasificada como Amenazada (NT), lo que significa que, aunque actualmente no satisface los criterios para ser considerada En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable, es probable que los satisfaga en un futuro cercano. De acuerdo con el Artículo 2 del D.S. N° 043-2006-AG, está prohibida la extracción, colecta, tenencia, transporte y exportación de especímenes, productos y subproductos de estas especies. Además, el INRENA es la entidad encargada de promover e incentivar los estudios científicos de las especies de flora categorizadas como Amenazadas, En Peligro Crítico (CR) y En Peligro (EN), así como de fomentar el establecimiento y desarrollo de viveros, jardines y/o arboretos a nivel nacional.

B. Legislación Internacional - IUCN

GRÁFICO N° 10: Especies de categoría Preocupación Menor según en la Lista Roja de la IUCN



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

El Gráfico N° 10 presenta la abundancia de especies categorizadas como Preocupación Menor (LC) en la Lista Roja de especies amenazadas elaborada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) para los años 2018 a 2022.

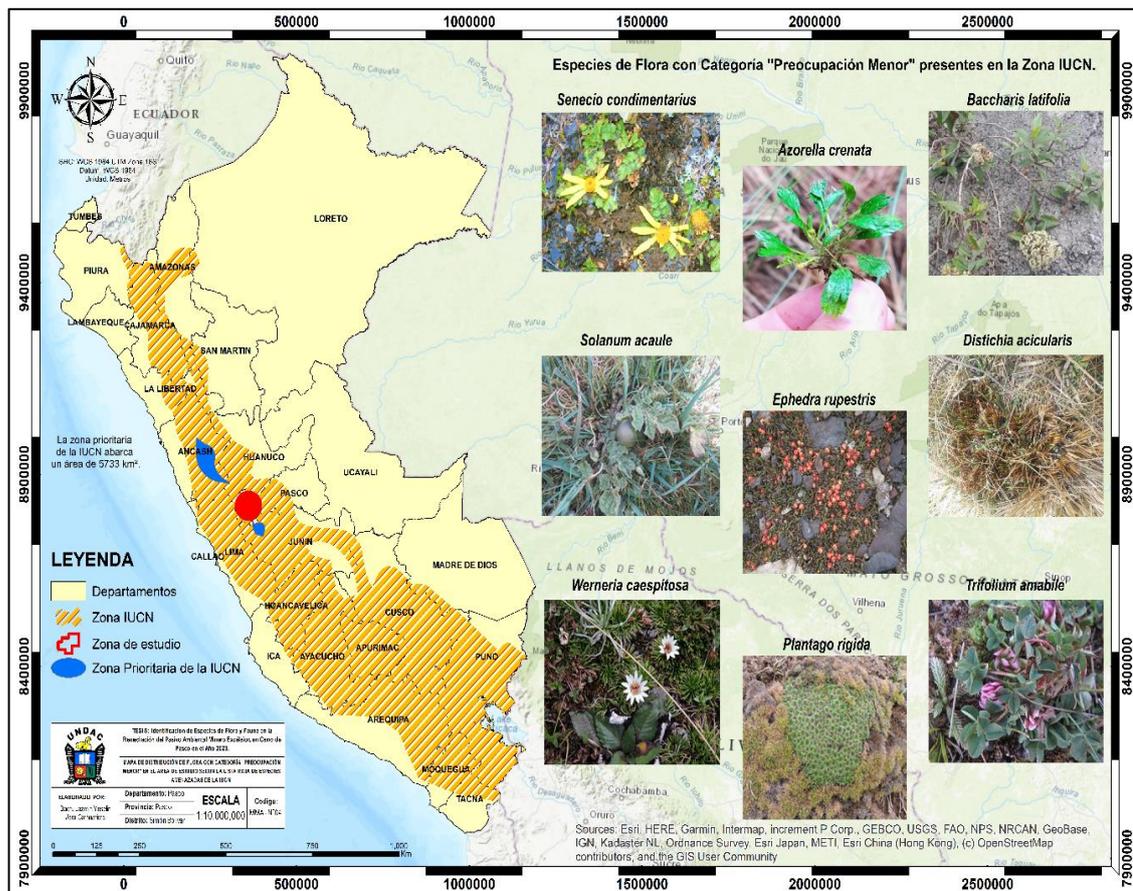
Se observa un aumento significativo en la abundancia de *Distichia acicularis* a lo largo del período, pasando de 1 individuo en 2018 a 51 en 2022. *Plantago rigida* muestra una fluctuación leve en su abundancia, mientras que *Senecio condimentarius* aparece en 2020 con 5 individuos. *Werneria caespitosa* exhibe un incremento gradual en su abundancia. Por otro lado, especies como *Baccharis latifolia* y *Solanum acaule* registran una presencia reciente, con 1 individuo en 2021 y un aumento a 18 individuos en 2022 para la última especie mencionada. *Ephedra rupestris* y *Trifolium amabile* también se registran en 2022, con 1 y 8 individuos respectivamente. Estos resultados ofrecen una comprensión del estado poblacional y destacan la importancia de los monitoreos y conservación de estas especies amenazadas, dado que reflejan cambios en su estado de conservación a lo largo del tiempo.

Especies de 'Preocupación Menor' Según la IUCN

La Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN, es el recurso más completo para evaluar el estado de conservación de especies de plantas y animales a nivel mundial. Reconocida internacionalmente por su sólida fundamentación científica, la IUCN utiliza un conjunto de criterios universalmente aplicables para evaluar

el riesgo de extinción de miles de especies y subespecies en todas las regiones del mundo. En el área de estudio, se han identificado un total de 9 especies de flora catalogadas como de Preocupación Menor (LC) en la Lista Roja de la IUCN, como se puede observar en el Cuadro N° 37.

FIGURA N° 20: Mapa de distribución de flora con categoría de "Preocupación Menor" en el área de estudio según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN.



Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

En la Figura N° 20, se presenta la zona de estudio en color rojo, la Zona IUCN en color naranja con franjas transparentes y la Zona Prioritaria de la IUCN en color azul. La Zona IUCN comprende los departamentos adyacentes a la cordillera de los Andes y representa el área del territorio peruano donde se puede encontrar

al menos una de las 9 especies catalogadas como preocupación menor. Algunos departamentos presentan extensiones más extensas que son propicias para la presencia de estas especies, mientras que otros tienen áreas más limitadas para su supervivencia.

La zona prioritaria de la IUCN, con un área de 5,733 km², alberga a todas estas 9 especies categorizadas como de Preocupación Menor, lo que la convierte en un área de interés para su conservación. La identificación de estas zonas IUCN es esencial para la elaboración de la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) a nivel departamental en el Perú. Además, es fundamental para la protección de hábitats y un adecuado manejo ambiental frente a proyectos de inversión en estas áreas.

Este mapa contribuye a la actualización de los datos de la IUCN y proporciona una descripción detallada de su ubicación geográfica. Asimismo, demuestra la eficacia de la remediación ambiental del PAM Excelsior, esencial para la supervivencia de estas especies, ya que requieren zonas con una alta calidad ambiental y libres de amenazas de degradación del ecosistema. Esto brinda la oportunidad de que estas especies logren estabilizar su crecimiento poblacional. Por ejemplo, la especie *Distichia acicularis*, catalogada por la IUCN con una tendencia poblacional decreciente, ha experimentado un incremento en su número en el área de estudio, pasando de 1 individuo en 2018 a 51 individuos en 2022.

C. Legislación Internacional – CITES

Ninguna de las especies registradas en el área de estudio está incluida en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres, en su versión más reciente actualizada en el año 2023.

4.2.3.8. Endemismo

CUADRO N° 38: Descripción de la especie *Senecio collinus*

Categorías de conservación nacional (D.S N° 043-2006-AG)	No está clasificada como una especie amenazada
Categorías de amenaza internacional	IUCN No se encuentra categorizada en la Lista Roja. CITES No ha sido registrada en ninguno de los apéndices

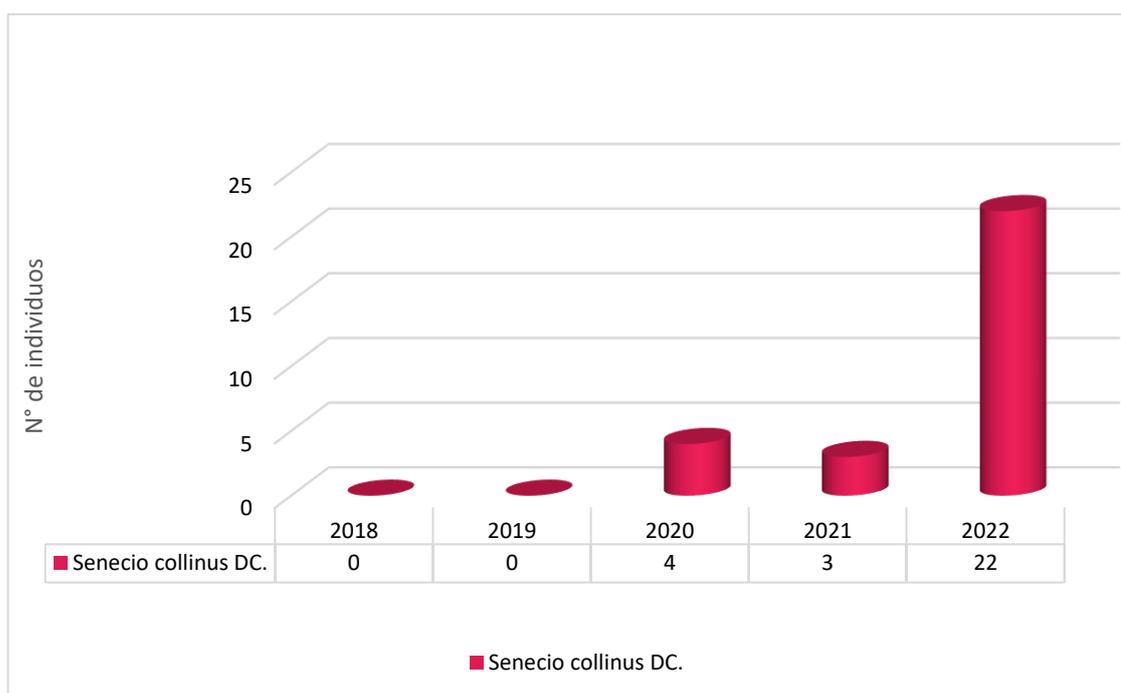
Esta especie presenta la capacidad de bioacumulación de metales en la raíz, tallo y hojas, lo que se evidencia tanto en suelos perturbados como no perturbados. En áreas disturbadas, según lo indicado por Gómez (2019), presenta acumulación más alta de zinc, plomo, hierro y manganeso en las hojas.



Fuente: Elaboración propia

Se identificó únicamente una especie endémica del Perú, conocida como *Senecio collinus*. Esta planta herbácea se reconoce en varias localidades en las zonas altas de los Andes del norte y centro del país, y su distribución abarca desde Cajamarca hasta altitudes que oscilan entre los 3,500 y 4,500 metros sobre el nivel del mar. Pertenece a la familia Asteraceae y su nombre científico es *Senecio collinus DC.* Además, esta especie está incluida en los taxones endémicos del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SINANPE), específicamente en el Parque Nacional del Huascarán.

GRÁFICO N° 11: *Especies endémicas del Perú*



Fuente: *Elaboración propia*

➤ **Interpretación**

El Gráfico N° 11 ilustra la evolución del número de individuos de la especie *Senecio Collinus* durante el período de 2018 a 2022. No se registraron individuos en los años 2018 y 2019, pero se observa un aumento significativo en la población en los años siguientes, con 4 individuos en 2020, 3 individuos en 2021 y 22 individuos en 2022.

Estos datos muestran un posible incremento en la población de esta especie endémica a lo largo del tiempo, lo que podría ser atribuible a factores como cambios en el hábitat, condiciones climáticas y prácticas de remediación.

La pérdida de especies endémicas implica la extinción total de su presencia en la Tierra, junto con todas sus potencialidades. Por lo tanto, es crucial tomar medidas inmediatas para detener este proceso de pérdida de especies.

4.2.4. Ornitofauna

4.2.4.1. Composición, riqueza y abundancia

En los siguientes cuadros se muestran los resultados concernientes a la composición, riqueza y abundancia de especies de ornitofauna documentadas en la región de estudio a lo largo del lapso temporal que abarca desde 2018 hasta 2022.

CUADRO N° 39: Composición taxonómica de especies de aves registradas en la zona de estudio (2018 – 2022)

ESPECIES DE ORNITOFAUNA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2018							
N°	REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Passerellidae	Zonotrichia	<i>Zonotrichia capensis</i>
2	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Cinclodes	<i>Cinclodes atacamensis</i>
3	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Cinclodes	<i>Cinclodes albiventris</i>
4	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Upucerthia	<i>Upucerthia validirostris</i>
5	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Catamenia	<i>Catamenia inornata</i>
6	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Geospizopsis	<i>Geospizopsis plebejus</i>
7	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Phrygilus	<i>Phrygilus punensis</i>
8	Animalia	Chordata	Aves	Charadriiformes	Laridae	Chroicocephalus	<i>Chroicocephalus serranus</i>
9	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Picidae	Colaptes	<i>Colaptes rupicola</i>
ESPECIES DE ORNITOFAUNA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2019							
N°	REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Animalia	Chordata	Aves	Pelecaniformes	Threskiornithidae	Plegadis	<i>Plegadis ridgwayi</i>
2	Animalia	Chordata	Aves	Charadriiformes	Laridae	Chroicocephalus	<i>Chroicocephalus serranus</i>
3	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Picidae	Colaptes	<i>Colaptes rupicola</i>
4	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Passerellidae	Zonotrichia	<i>Zonotrichia capensis</i>
5	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Cinclodes	<i>Cinclodes atacamensis</i>
6	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Cinclodes	<i>Cinclodes albiventris</i>
7	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Catamenia	<i>Catamenia inornata</i>
8	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Geospizopsis	<i>Geospizopsis plebejus</i>
9	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Sicalis	<i>Sicalis uropygialis</i>
ESPECIES DE ORNITOFAUNA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2020							
N°	REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Animalia	Chordata	Aves	Anseriformes	Anatidae	Cloéfaga	<i>Chloephaga melanoptera</i>
2	Animalia	Chordata	Aves	Charadriiformes	Laridae	Chroicocephalus	<i>Chroicocephalus serranus</i>
3	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Picidae	Colaptes	<i>Colaptes rupicola</i>
4	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Fringillidae	Spinus	<i>Spinus atratus</i>
5	Animalia	Chordata	Aves	Pelecaniformes	Threskiornithidae	Plegadis	<i>Plegadis ridgwayi</i>

6	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Cinclodes	<i>Cinclodes fuscus</i>
7	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Geospizopsis	<i>Geospizopsis plebejus</i>
8	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Phrygilus	<i>Phrygilus punensis</i>
9	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Turdidae	Turdus	<i>Turdus chiguanco</i>
10	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Upucerthia	<i>Upucerthia validirostris</i>
11	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Passerellidae	Zonotrichia	<i>Zonotrichia capensis</i>

ESPECIES DE ORNITOFAUNA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2021

N°	REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Animalia	Chordata	Aves	Charadriiformes	Laridae	Chroicocephalus	<i>Chroicocephalus serranus</i>
2	Animalia	Chordata	Aves	Falconiformes	Falconidae	Daptrius	<i>Daptrius megalopterus</i>
3	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Fringillidae	Spinus	<i>Spinus atratus</i>
4	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Cinclodes	<i>Cinclodes fuscus</i>
5	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Upucerthia	<i>Upucerthia validirostris</i>
6	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Passerellidae	Zonotrichia	<i>Zonotrichia capensis</i>
7	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Phrygilus	<i>Phrygilus punensis</i>
8	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Sicalis	<i>Sicalis uropigyalis</i>
9	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Catamenia	<i>Catamenia inornata</i>
10	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Turdidae	Turdus	<i>Turdus chiguanco</i>
11	Animalia	Chordata	Aves	Pelecaniformes	Threskiornithidae	Plegadis	<i>Plegadis ridgwayi</i>
12	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Picidae	Colaptes	<i>Colaptes rupicola</i>

ESPECIES DE ORNITOFAUNA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2022

N°	REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Animalia	Chordata	Aves	Charadriiformes	Laridae	Chroicocephalus	<i>Chroicocephalus serranus</i>
2	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Picidae	Colaptes	<i>Colaptes rupicola</i>
3	Animalia	Chordata	Aves	Falconiformes	Falconidae	Daptrius	<i>Daptrius megalopterus</i>
4	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Fringillidae	Spinus	<i>Spinus atratus</i>
5	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Upucerthia	<i>Upucerthia validirostris</i>
6	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Cinclodes	<i>Cinclodes albiventris</i>
7	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Asthenes	<i>Asthenes modesta</i>
8	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Muscisaxicola	<i>Muscisaxicola griseus</i>
9	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Muscisaxicola	<i>Muscisaxicola juninensis</i>
10	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Muscisaxicola	<i>Muscisaxicola rufivertex</i>
11	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Troglodytidae	Troglodytes	<i>Troglodytes aedon</i>
12	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Turdidae	Turdus	<i>Turdus chiguanco</i>
13	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Passerellidae	Zonotrichia	<i>Zonotrichia capensis</i>
14	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Phrygilus	<i>Phrygilus punensis</i>
15	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Geospizopsis	<i>Geospizopsis plebejus</i>
16	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Sicalis	<i>Sicalis uropigyalis</i>
17	Animalia	Chordata	Aves	Pelecaniformes	Threskiornithidae	Plegadis	<i>Plegadis ridgwayi</i>

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 40: Riqueza de ornitofauna en el área de estudio (2018 – 2022)

Clase	2018		2019		2020		2021		2022	
	Riqueza	%	Riqueza	%	Riqueza	%	Riqueza	%	Riqueza	%
Aves	9	100	9	100	11	100	12	100	17	100
TOTAL	9	100	9	100	11	100	12	100	17	100

Fuente: Elaboración propia

A. Estimación de la riqueza y abundancia en el año 2018

CUADRO N° 41: Riqueza y abundancia de especies de ornitofauna en el año 2018

N°	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión de Collar Rufo (Pichisanka)	3	5	8	14.29
2	<i>Cinclodes atacamensis</i>	Churrete de Ala Blanca	4	5	9	16.07
3	<i>Cinclodes albiventris</i>	Churrete de Ala Crema	2	5	7	12.50
4	<i>Upucerthia validirostris</i>	Trepador de pechos beige	0	3	3	5.36
5	<i>Catamenia inornata</i>	Semillero de color liso	2	4	6	10.71
6	<i>Geospizopsis plebejus</i>	Pinzón sierra de pecho fresco	0	10	10	17.86
7	<i>Phrygilus punensis</i>	Pinzón sierra peruano	0	9	9	16.07
8	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota Andina	0	1	1	1.79
9	<i>Colaptes rupicola</i>	Carpintero Andino	2	1	3	5.36
Total			13	43	56	100.00

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

Los resultados presentados muestran la abundancia absoluta y relativa de especies de avifauna en la zona de estudio durante el período de 2018. Cada especie se enumera junto con su nombre común. Las columnas PMB-01 y PMB-02 indican el número de aves capturadas en los dos puntos de muestreo designados.

La columna TOTAL muestra la suma del número de aves capturadas en ambos puntos de monitoreo para cada especie. La

columna Pi % representa el porcentaje relativo de cada especie con respecto al total de aves capturadas en ese año. En el área de estudio se registraron un total de 9 especies de aves y 56 individuos, distribuidas en 3 órdenes, 5 familias y 8 géneros.

Las familias con el mayor número de especies fueron Thraupidae y Furnariidae, con 25 y 19 individuos respectivamente, y con 3 especies cada una, lo que representa el 78.57% del total de especies registradas. A continuación, se encuentran las familias Passerellidae, Picidae y Laridae, con 1 especie cada una y con 8, 3 y 1 individuos respectivamente, abarcando el 21.43% restante del total de especies registradas.

Según el registro de aves, se verifica la predominancia de tres especies dentro del área de estudio: *Geospizopsis plebejus* con un 17.86%, *Cinclodes atacamensis* con un 16.07%, y *Phrygilus punensis* también con un 16.07% del total de individuos contabilizados. Les siguen *Zonotrichia capensis* con 8 individuos (14,29%) y *Cinclodes albiventris* con 7 individuos (12,5%). Las demás especies representaron una abundancia relativa menos del 11%.

Los resultados por unidad de muestreo muestran que la unidad PMB-02 registró el mayor número de individuos, con un total de 43, lo que representa el 76.79% del total de individuos contabilizados durante la evaluación. En comparación, la unidad PMB-01 contabilizó 13 individuos, equivalentes al 23.21% del total.

B. Estimación de la riqueza y abundancia en el año 2019

CUADRO N° 42: Riqueza y abundancia de especies de ornitofauna en el año 2019

N°	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	<i>Plegadis ridgwayi</i>	Ibis de la puna (Yanavico)	0	2	2	2.44
2	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota Andina	3	2	5	6.10
3	<i>Colaptes rupicola</i>	Carpintero Andino	3	2	5	6.10
4	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión de Collar Rufo (Pichisanka)	5	4	9	10.98
5	<i>Cinclodes atacamensis</i>	Churrete de Ala Blanca	2	3	5	6.10
6	<i>Cinclodes albiventris</i>	Churrete de Ala Crema	12	4	16	19.51
7	<i>Catamenia inornata</i>	Semillero de color liso	9	11	20	24.39
8	<i>Geospizopsis plebejus</i>	Pinzón sierra de pecho fresco	0	6	6	7.32
9	<i>Sicalis uropygialis</i>	Chirigüe de Lomo Brillante	8	6	14	17.07
Total			42	40	82	100.00

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

En el área de investigación, se documentó la presencia de un conjunto total de 9 especies de aves, representando un total de 82 individuos. Estas especies se distribuyen en 8 géneros, abarcando 6 familias taxonómicas y perteneciendo a 4 órdenes distintos, tal como se presenta en los Cuadros N° 39 y 40.

Las familias que exhibieron el mayor número de especies fueron Thraupidae y Furnariidae, con 40 y 21 individuos, representando el 48.78% y el 25.61% del total de individuos registrados. En un nivel subsecuente, se observó la presencia de Passerellidae, Laridae, Picidae y Threskiornithidae, cada una con 1 especie, conformando así el 25.61% restante.

La especie *Catamenia inornata* (Semillero de color liso) es la especie más abundante, representando el 24.39% del total de aves

registradas, con un total de 20 individuos. Le sigue *Cinclodes albiventris* (Churrete de Ala Crema) con 16 individuos, contribuyendo con el 19.51% del total. *Sicalis uropygialis* (Chirigüe de Lomo Brillante) también muestra una abundancia significativa con 14 individuos, representando el 17.07% del total, y el resto de especies en conjunto representan el 39.02%.

Los resultados por unidad de muestreo revelan que en el punto de monitoreo PMB-01 se registró el mayor número de individuos, totalizando 42 durante la evaluación, lo que representa el 51.22% del total de individuos. En segundo lugar, en PMB-02 se contabilizaron 40 individuos, equivalente al 48.78% del total registrado.

C. Estimación de la riqueza y abundancia en el año 2020

CUADRO N° 43: Riqueza y abundancia de especies de ornitofauna en el año 2020

N°	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	<i>Chloephaga melanoptera</i>	Ganso Huallata	0	2	2	1.83
2	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota Andina	5	3	8	7.34
3	<i>Colaptes rupicola</i>	Carpintero Andino	1	1	2	1.83
4	<i>Spinus atratus</i>	Jilguero Negro	6	2	8	7.34
5	<i>Plegadis ridgwayi</i>	Ibis de la puna (Yanavico)	0	1	1	0.92
6	<i>Cinclodes fuscus</i>	Churrete de ala barrada	6	18	24	22.02
7	<i>Geospizopsis plebejus</i>	Pinzón sierra de pecho fresco	0	6	6	5.50
8	<i>Phrygilus punensis</i>	Pinzón sierra peruano	7	12	19	17.43
9	<i>Turdus chiguanco</i>	Zorzal Chiguanco	0	1	1	0.92
10	<i>Upucerthia validirostris</i>	Trepador de pechos beige	0	1	1	0.92
11	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión de Collar Rufo (Pichisanka)	8	29	37	33.94
Total			33	76	109	100.00

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

En el área de investigación en el año 2020 se documentó la presencia de un total de 11 especies de aves y 109 individuos. Estas especies se distribuyen en 5 órdenes, abarcando 9 familias taxonómicas y perteneciendo a 11 géneros distintos, como se detalla en los Cuadros N° 39 y 40.

Durante la evaluación, se observaron especies de aves características de las zonas altoandinas, distribuidas en diversas familias. La familia Passerellidae, en particular, sobresale al representar el 33.94%, con un total de 37 individuos. Le siguen las familias Furnariidae y Thraupidae, cada una con dos especies, abarcando el 45.87% del total registrado, con una abundancia de 25 individuos cada una. Las restantes familias en conjunto representaron el 20.18% del total de especies registradas.

La especie *Zonotrichia capensis* (Gorrión de Collar Rufo) es la más abundante, con un total de 37 individuos registrados, representando el 33.94% del total de aves. Le sigue *Cinclodes fuscus* (Churrete de ala barrada) con un total de 24 individuos capturados, representando el 22.02% del total de aves capturadas. Otras especies con una presencia significativa incluyen *Phrygilus punensis* (Pinzón sierra peruano) con 19 individuos (17.43% del total), *Chroicocephalus serranus* (Gaviota Andina) y *Spinus atratus* (Jilguero Negro), ambos con 8 individuos (7.34% cada uno del total), y *Geospizopsis plebejus* (Pinzón sierra de pecho fresco) con 6 individuos (5.50%). Varias especies como *Chloephaga*

melanoptera (Ganso Huallata), *Colaptes rupicola* (Carpintero Andino), *Plegadis ridgwayi* (Ibis de la puna), *Turdus chiguanco* (Zorzal Chiguanco) y *Upucerthia validirostris* (Trepador de pechos beige) tienen una presencia menor, cada una con 1 o 2 individuos capturados.

El análisis por unidad de muestreo revela que en el punto de monitoreo PMB-02 se registró el mayor número de individuos, totalizando 76 individuos durante la evaluación, lo que representa el 69.72% del total de individuos. En segundo lugar, en PMB-01 se contabilizaron 33 individuos, equivalente al 30.28% del total registrado.

D. Estimación de la riqueza y abundancia en el año 2021

CUADRO N° 44: Riqueza y abundancia de especies de ornitofauna en el año 2021

N°	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota Andina	3	7	10	3.37
2	<i>Daptrius megalopterus</i>	Matamico Andino	0	1	1	0.34
3	<i>Spinus atratus</i>	Jilguero Negro	2	4	6	2.02
4	<i>Cinclodes fuscus</i>	Churrete de ala barrada	10	17	27	9.09
5	<i>Upucerthia validirostris</i>	Trepador de pechos beige	0	2	2	0.67
6	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión de Collar Rufo (Pichisanka)	25	60	85	28.62
7	<i>Phrygilus punensis</i>	Pinzón sierra peruano	1	3	4	1.35
8	<i>Sicalis uropigialis</i>	Chirigue de lomo brillante	91	31	122	41.08
9	<i>Catamenia inornata</i>	Semillero de color liso	14	0	14	4.71
10	<i>Turdus chiguanco</i>	Zorzal Chiguanco	0	1	1	0.34
11	<i>Plegadis ridgwayi</i>	Ibis de la puna (Yanavico)	9	11	20	6.73
12	<i>Colaptes rupicola</i>	Carpintero Andino	2	3	5	1.68
Total			157	140	297	100.00

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

En el área de investigación, en el año 2021 se documentó la presencia de 12 especies de aves y un total de 297 individuos, utilizando el método cuantitativo de puntos de conteo. Estas especies se distribuyen en 5 órdenes, abarcando 9 familias taxonómicas y perteneciendo a 12 géneros distintos, según se presenta en los Cuadros N° 39 y 40.

La familia Thraupidae sobresale al representar el 47.14%, con un total de 140 individuos. Le siguen las familias Passerellidae, Furnariidae y Threskiornithidae con un total de 45.12% del total de aves registradas en el área de estudio. Las familias Laridae, Fringillidae, Picidae, Turdidae y Falconidae presentaron en conjunto el 7.74%.

La especie *Sicalis uropigyalis* (Chirigue de lomo brillante) es la más abundante, con un total de 122 individuos registrados, representando el 41.08% del total de aves registradas. Le sigue *Zonotrichia capensis* (Gorrión de Collar Rufo) con 85 individuos registrados, contribuyendo con el 28.62% del total. Otras especies con una presencia significativa incluyen *Cinclodes fuscus* (Churrete de ala barrada) con 27 individuos (9.09% del total), *Plegadis ridgwayi* (Ibis de la puna) con 20 individuos (6.73% del total) y *Catamenia inornata* (Semillero de color liso) con 14 individuos (4.71% del total). Varias especies como *Chroicocephalus serranus* (Gaviota Andina), *Spinus atratus* (Jilguero Negro), *Phrygilus punensis* (Pinzón sierra peruano),

Colaptes rupicola (Carpintero Andino), *Daptrius megalopterus* (Matamico Andino), *Upucerthia validirostris* (Trepador de pechos beige) y *Turdus chiguanco* (Zorzal Chiguanco) tienen una presencia menor, cada una con 1 a 10 individuos registrados en la zona de estudio. Los resultados por unidad de muestreo revelan que en el punto de monitoreo PMB-01 se registró el mayor número de individuos, totalizando 157 durante la evaluación, lo que representa el 52.86% del total de individuos.

E. Estimación de la riqueza y abundancia en el año 2022

CUADRO N° 45: Riqueza y abundancia de especies de ornitofauna en el año 2022

N°	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota Andina	0	53	53	7.33
2	<i>Colaptes rupicola</i>	Carpintero Andino	4	8	12	1.66
3	<i>Daptrius megalopterus</i>	Matamico Andino	0	10	10	1.38
4	<i>Spinus atratus</i>	Jilguero Negro	2	8	10	1.38
5	<i>Upucerthia validirostris</i>	Trepador de pechos beige	1	2	3	0.41
6	<i>Cinclodes albiventris</i>	Churrete de Ala Crema	4	5	9	1.24
7	<i>Asthenes modesta</i>	Canastero Cordillerano	3	9	12	1.66
8	<i>Muscisaxicola griseus</i>	Dormilona de Taczanowski	1	3	4	0.55
9	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	Dormilona de la Puna	2	11	13	1.80
10	<i>Muscisaxicola rufivertex</i>	Dormilona de Nuca Rojiza	2	5	7	0.97
11	<i>Troglodytes aedon</i>	Reyezuelo doméstico	1	4	5	0.69
12	<i>Turdus chiguanco</i>	Zorzal Chiguanco	0	1	1	0.14
13	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrion de Collar Rufo (Pichisanka)	85	250	335	46.33
14	<i>Phrygilus punensis</i>	Pinzón sierra peruano	1	5	6	0.83
15	<i>Geospizopsis plebejus</i>	Pinzón sierra de pecho fresco	2	7	9	1.24
16	<i>Sicalis uropigialis</i>	Chirigue de lomo brillante	46	135	181	25.03
17	<i>Plegadis ridgwayi</i>	Ibis de la puna (Yanavico)	23	30	53	7.33
Total			177	546	723	100.00

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

En el área de investigación durante el año 2022, se registraron un total de 17 especies de aves, con un total de 723 individuos. Estas especies están distribuidas en 15 géneros, 11 familias y 5 órdenes, según se detalla en los Cuadros N° 39 y 40.

Las familias que presentaron la mayor diversidad de especies fueron Passerellidae y Thraupidae, con una contribución del 46.33% y 27.11% del total de individuos registrados, respectivamente. Les siguieron las familias Laridae y Threskiornithidae, ambas con una representación del 7.33% cada una. Las demás familias tuvieron una representación inferior al 3.32% cada una.

Se observa la predominancia de ciertas especies, destacando *Zonotrichia capensis*, conocida como "Gorrión de Collar Rufo", que constituye el 46.34% del total de individuos contabilizados. Asimismo, se destaca la presencia de *Sicalis uropigyalis*, representando el 25.04% del total de individuos registrados. Le siguen en importancia la especie *Chroicocephalus serranus* y *Plegadis ridgwayi*, con 53 individuos cada una, representando en conjunto el 14.66% del total. Las demás especies representan menos del 2% cada una.

Los resultados por unidad de muestreo indican que en el punto de monitoreo PMB-02 se registró el mayor número de individuos, con un total de 546, lo que constituye el 75.52% del total de individuos contabilizados durante la evaluación. En segundo

lugar, el punto de monitoreo PMB-01 contabilizó 177 individuos, representando el 24.48% del total registrado.

F. Categorización de abundancia de especies de aves 2018-2022

CUADRO N° 46: Resumen del parámetro de abundancia de especies (2018 – 2022)

DIVERSIDAD	RANGO DE ABUNDANCIA	NÚMERO DE ESPECIES				
		2018	2019	2020	2021	2022
Muy raro	<5	3	1	5	4	3
Raro	5 - 15	6	6	3	4	10
Escaso	15 - 30	0	2	2	2	0
Abundante	30 - 100	0	0	1	1	2
Muy abundante	> 100	0	0	0	1	2
Total		9	9	11	12	17

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

Los datos presentados en el Cuadro N° 46 proporcionan un análisis detallado de la diversidad y distribución de la abundancia de las especies registradas en los años 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022.

En 2018, se contabilizaron 9 especies y un total de 56 individuos. De estas especies, 3 fueron catalogadas como "Muy raras" (con menos de 5 individuos), mientras que 6 especies fueron consideradas "Raras" (entre 5 y 15 individuos). No se registraron especies con categorías de abundancia "Escasas", "Abundantes" o "Muy abundantes".

En 2019, se mantuvo la misma cantidad de especies, con una distribución de abundancia similar al año anterior. Sin embargo, se observó un aumento en el número de especies categorizadas

como "Escasas". En el año 2020, se añadió una especie a la categoría "Abundante" (con individuos entre 30 y 100), lo que marcó un cambio significativo. Además, se registró un incremento en especies consideradas "Muy raras" debido a la aparición de nuevas especies.

En 2021, se destacó la aparición de una especie clasificada como "Muy abundante", con una abundancia que superó los 100 individuos. También se mantuvo una especie en la categoría "Abundante". Las categorías "Muy raras", "Raras" y "Escasas" mantuvieron una abundancia similar al año anterior.

Finalmente, en 2022, se observó un no incremento notable en las especies clasificadas como "Abundantes" y "Muy abundantes". Este aumento puede atribuirse al incremento en la abundancia de especies que fueron catalogadas como "Escasas" en el año anterior. Además, se registraron 10 especies categorizadas como "Raras", lo cual se debe a que estas experimentaron un ligero aumento en su abundancia en comparación con el año anterior, cuando estaban clasificadas como "Muy raras". También se observó la aparición de nuevas especies con menos de 5 individuos, que fueron clasificadas como "Raras".

G. Abundancia de ornitofauna por Orden Taxonómico (2018 – 2022)

Interpretación

El Gráfico N° 12 representa la cantidad de individuos de especies de ornitofauna registradas bajo diferentes órdenes taxonómicos durante los años 2018-2022.

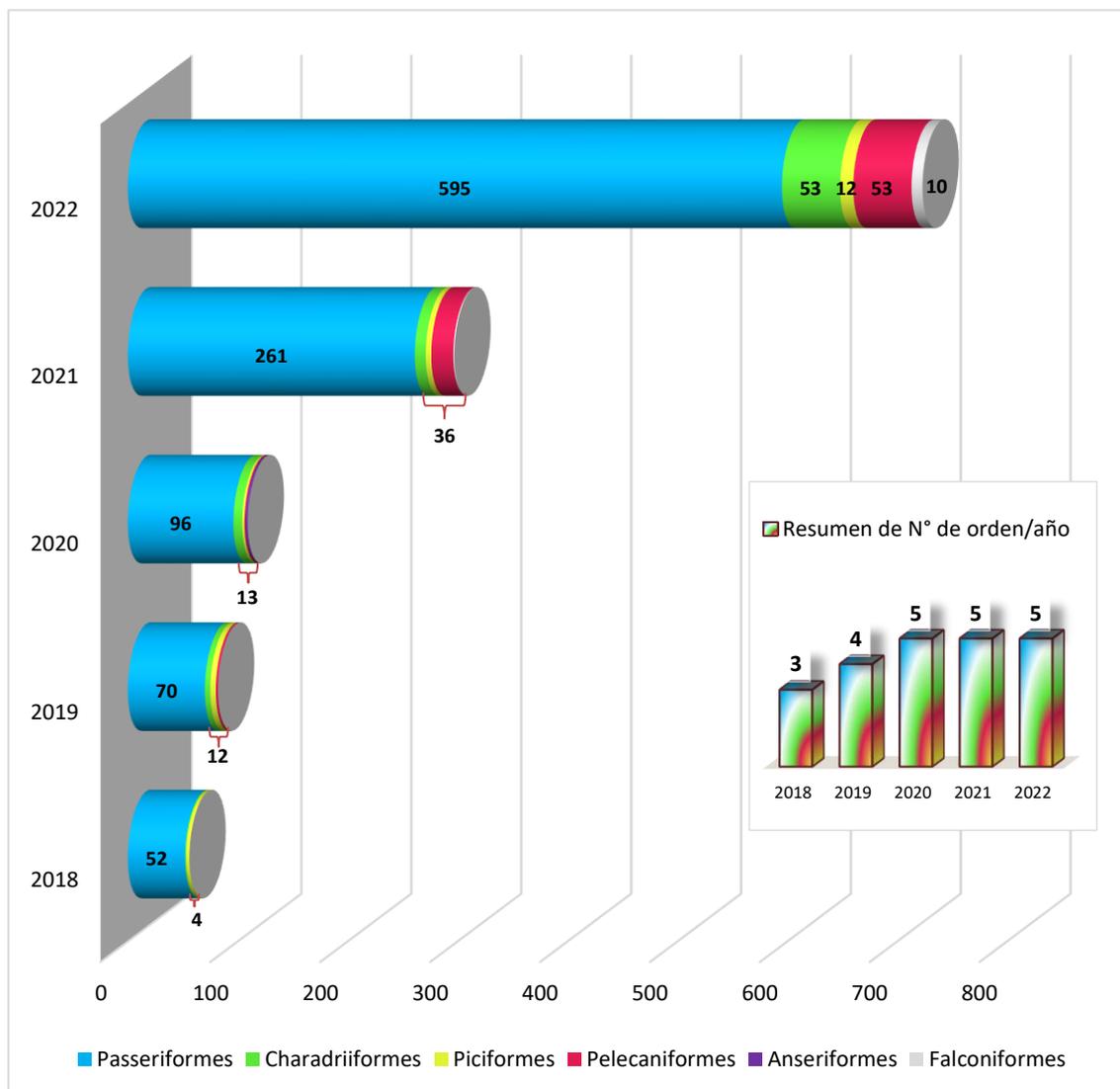
En 2018, se registraron 3 órdenes y un total de 56 individuos. La orden taxonómica más abundante fue Passeriformes, con 52 individuos registrados. Piciformes y Charadriiformes también estuvieron presentes, aunque en menor medida, con 3 y 1 individuos respectivamente. Pelecaniformes, Anseriformes y Falconiformes no se registraron ese año.

En 2019, se registró un total de 4 órdenes y 82 individuos. La abundancia de Passeriformes aumentó a 70 individuos, mientras que Charadriiformes y Piciformes también mostraron un aumento en el número de individuos, representados por una abundancia de 5 individuos cada uno. Aparecieron especímenes de Pelecaniformes, con 2 individuos registrados ese año. En el 2020, se registraron 5 órdenes y 109 individuos. La presencia de Passeriformes continuó aumentando significativamente, llegando a 96 individuos. Piciformes y Pelecaniformes mostraron una ligera disminución en comparación con el año anterior, mientras que Charadriiformes registró un aumento en su abundancia. Este año se registró el orden Anseriformes con 2 individuos.

En 2021, se registró 5 órdenes y 297 individuos. Se evidencia un aumento dramático en la abundancia de Passeriformes, con 261 individuos registrados, lo que indica un año excepcional para esta orden taxonómica. Charadriiformes y Piciformes también mostraron un aumento en su abundancia, mientras que Pelecaniformes y Falconiformes aumentaron significativamente en comparación con años anteriores. Anseriformes no mostró presencia ese año.

En 2022, se registró en total 723 individuos y 5 órdenes. La abundancia de Passeriformes experimentó un aumento masivo, alcanzando 595 individuos, lo que sugiere un incremento significativo en la población de esta orden. Charadriiformes y Piciformes también mostraron un aumento en su abundancia. Además, Pelecaniformes aumentó notablemente, llegando a 53 individuos, y Falconiformes mostró una presencia más significativa con 10 individuos. Anseriformes no registró individuos este año.

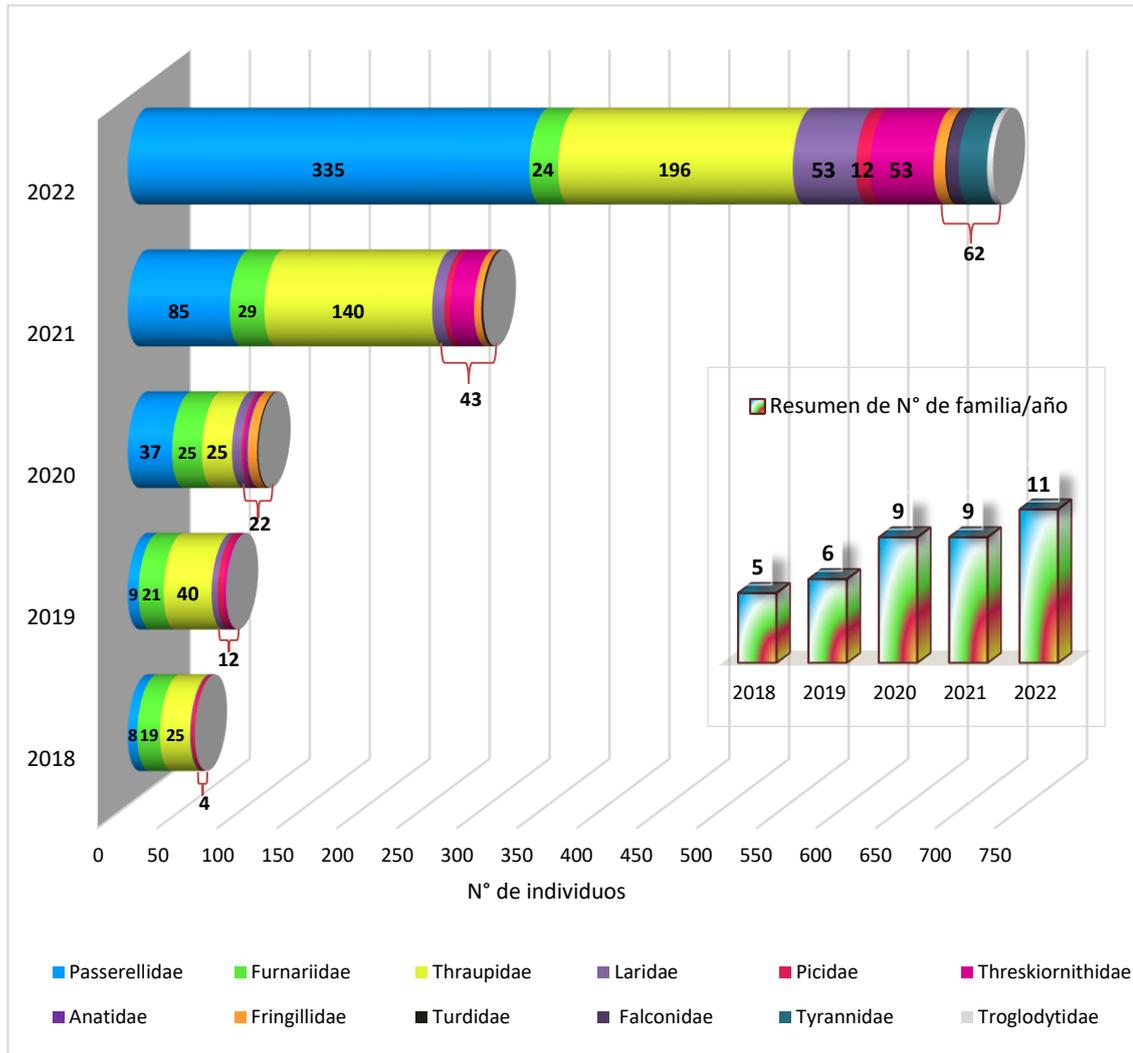
GRÁFICO N° 12: Abundancia de ornitofauna por Orden Taxonómico por año



Fuente: Elaboración Propia

H. Abundancia de ornitofauna por Familia Taxonómica (2018 – 2022)

GRÁFICO N° 13: Abundancia de ornitofauna por Familia Taxonómica por año



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

El Gráfico N° 13 presenta la distribución de ornitofauna por Familia Taxonómica durante los años 2018-2022 en la zona de estudio.

En 2018, se documentaron 5 familias con un total de 56 individuos. Thraupidae fue la familia más abundante con 25 individuos, seguida de Furnariidae, Passerellidae y Picidae con 19, 8

y 3 individuos respectivamente. La familia Laridae solo registró un individuo. No se detectaron individuos de Threskiornithidae, Anatidae, Fringillidae, Turdidae, Falconidae, Tyrannidae y Troglodytidae ese año.

Para 2019, se identificaron 6 familias con 82 individuos. Thraupidae mostró un aumento a 40 individuos, mientras que Furnariidae, Passerellidae, Laridae y Picidae también aumentaron su presencia con 21, 9, 5 y 5 individuos respectivamente. Se añadió Threskiornithidae con 2 individuos.

En 2020, se registraron 9 familias y 109 individuos. Passerellidae continuó su incremento llegando a 37 individuos. Thraupidae y Picidae experimentaron una leve disminución, mientras que Laridae y Furnariidae aumentaron su presencia a 25 y 8 individuos respectivamente. Se identificaron tres nuevas familias: Anatidae (2 individuos), Fringillidae (8 individuos) y Turdidae (1 individuo). Falconidae, Tyrannidae y Troglodytidae no tuvieron presencia.

En 2021, se observaron 9 familias y 297 individuos. Thraupidae mostró un aumento significativo a 140 individuos, seguido de Passerellidae con 85 individuos. Furnariidae y Threskiornithidae mantuvieron su presencia con 29 y 20 individuos respectivamente. Laridae y Picidae aumentaron a 10 y 5 individuos. Turdidae registró 1 individuo y Falconidae se añadió con 1 individuo. Anatidae, Tyrannidae y Troglodytidae no estuvieron presentes.

Finalmente, en 2022, se detectaron 11 familias con un total de 723 individuos. Passerellidae experimentó un aumento notable

alcanzando 335 individuos, seguido de Thraupidae con 196 individuos. Laridae, Threskiornithidae, Furnariidae y Tyrannidae registraron 53, 53, 24 y 24 individuos respectivamente. Anatidae no mostró presencia. Turdidae tuvo 1 individuo. Falconidae aumentó a 10 individuos. Picidae y Fringillidae incrementaron a 12 y 10 individuos respectivamente. Se añadieron dos nuevas familias: Tyrannidae y Troglodytidae, con 24 y 5 individuos respectivamente.

I. Abundancia de ornitofauna por Genero Taxonómico y Especie (2018 – 2022)

Interpretación: Genero taxonómico

El Gráfico N° 14, representa la abundancia de ornitofauna por Género Taxonómico durante los años 2018-2022.

En 2018, se documentaron 8 géneros y 56 individuos en total. Cinclodes fue el género más abundante con 16 individuos, seguido por Geospizopsis con 10 individuos y Zonotrichia con 8 individuos. Otros géneros presentes incluyeron Phrygilus (9 individuos), Catamenia (6 individuos), Upucerthia (3 individuos), Colaptes (3 individuos) y Chroicocephalus (1 individuo).

En 2019, se registraron 8 géneros y 82 individuos. Cinclodes continuó siendo el más abundante con 21 individuos, seguido de Catamenia con 20 individuos. Otros géneros como Zonotrichia (9 individuos), Geospizopsis (6 individuos), Colaptes (5 individuos) y Chroicocephalus (5 individuos) también mostraron una presencia significativa. Se añadieron dos nuevos géneros: Sicalis con 14

individuos y Plegadis con 2 individuos. Phrygilus no fue registrado ese año.

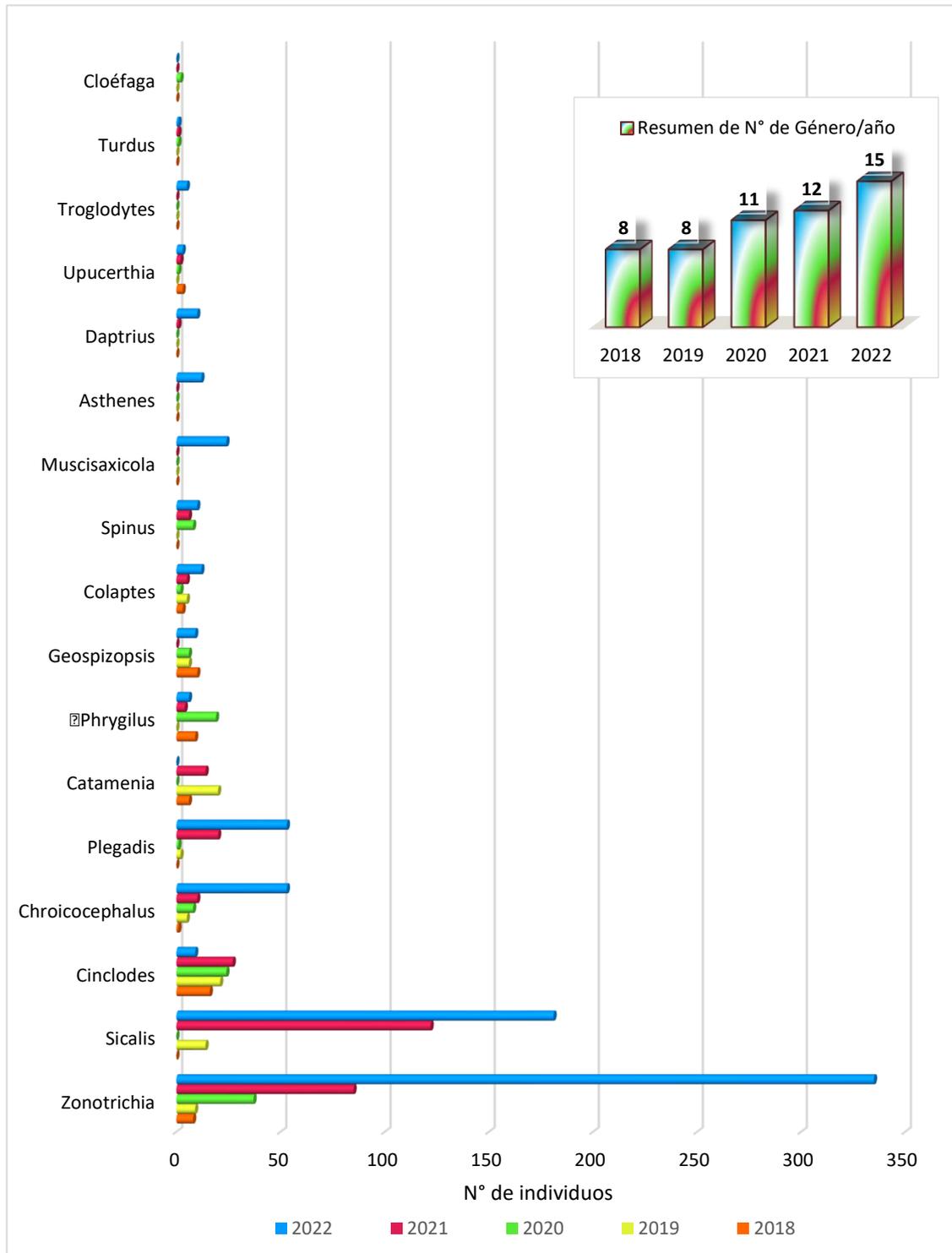
En 2020, se registraron un total de 11 géneros y 109 individuos. Zonotrichia experimentó un aumento significativo llegando a 37 individuos. Otros géneros como Cinclodes (24 individuos), Phrygilus (19 individuos) y Chroicocephalus (8 individuos) también estuvieron presentes. Se registraron tres nuevos géneros: Cloéfaga, Spinus y Turdus con 2, 8 y 1 individuos respectivamente. Sicalis no fue registrado durante este año.

En 2021, se registraron 12 géneros y 297 individuos. Zonotrichia continuó siendo el más abundante con 85 individuos. La presencia de Sicalis fue notable con 122 individuos, incrementando significativamente su abundancia respecto al año anterior. Otros géneros como Cinclodes (27), Plegadis (20), Catamenia (14 individuos) y Chroicocephalus (10 individuos) también estuvieron presentes. Se registró el género Daptrius con 1 individuo, sin embargo, dos géneros, Geospizopsis y Cloéfaga, no presentaron individuos respecto al año anterior.

Finalmente, en 2022, Zonotrichia experimentó un aumento masivo en su abundancia, alcanzando 335 individuos. Sicalis también mostró un aumento significativo con 181 individuos registrados. Otros géneros como Chroicocephalus (53 individuos) y Plegadis (53) también estuvieron presentes significativamente. Se registraron tres nuevos géneros: Muscisaxicola (24 individuos), Asthenes (12 individuos) y Troglodytes (5 individuos). Catamenia y Cloéfaga no

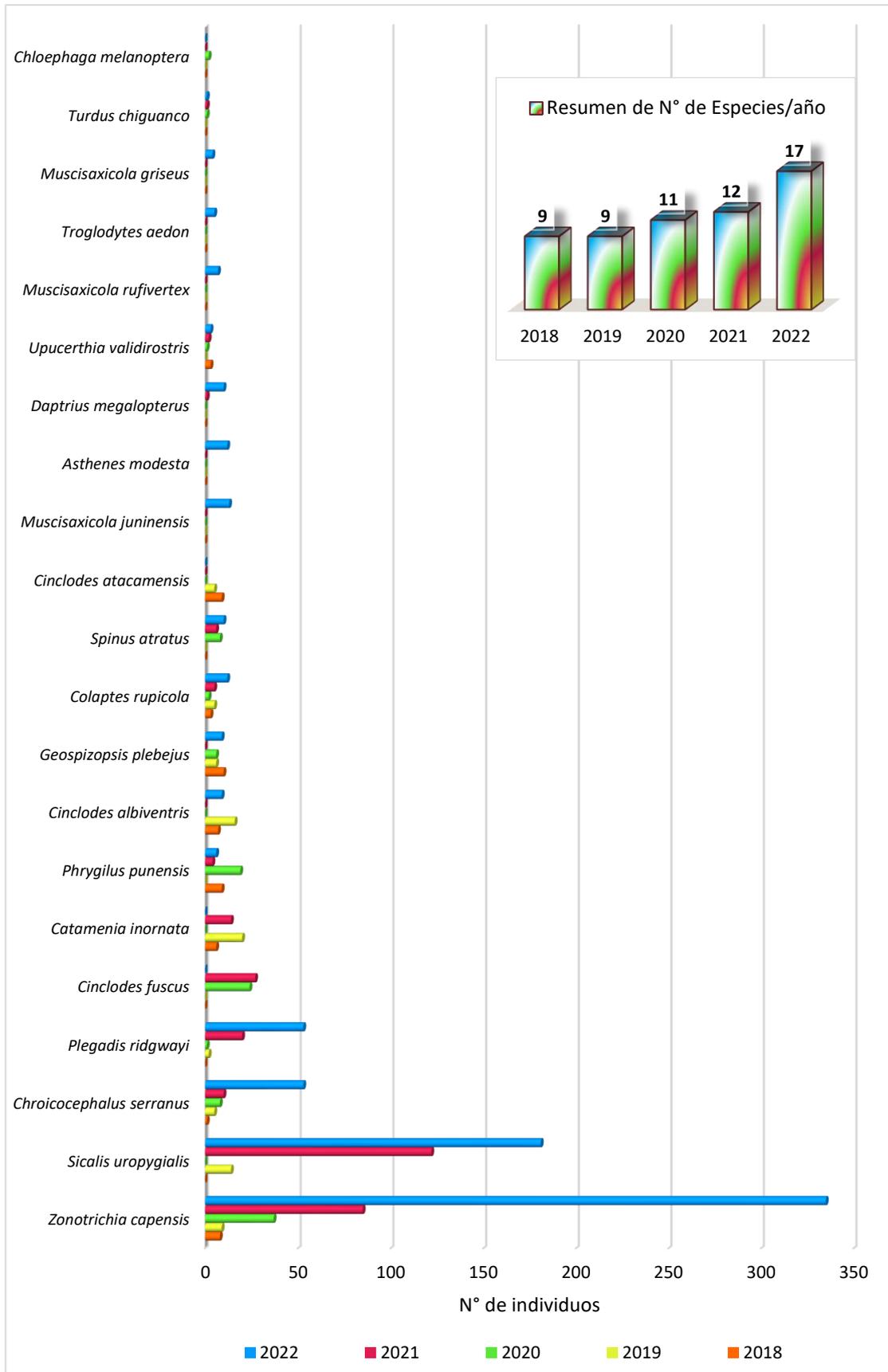
fueron registrados este año en comparación con el año anterior. La abundancia del género Cinclodes se redujo a 9 individuos en comparación con el año 2018.

GRÁFICO N° 14: Abundancia de ornitofauna por Genero Taxonómico por año



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 15: Abundancia de ornitofauna por Especie por año



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Especies

El Gráfico N° 15, presenta la abundancia de ornitofauna por especie durante los años 2018-2022 en el área de remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior, abarcando un total de 21 especies de ornitofauna distintas identificadas durante los 5 años de estudio.

En 2018, se registraron 9 especies y 56 individuos. *Geospizopsis plebejus* fue la más abundante con 10 individuos, seguida por *Cinclodes atacamensis* y *Phrygilus punensis*, ambas con 9 individuos. Otras especies como *Catamenia inornata*, *Cinclodes albiventris*, *Upucerthia validirostris*, *Colaptes rupicola* y *Chroicocephalus serranus* presentaron 8, 7, 6, 3 y 1 individuos respectivamente.

En 2019, el número de especies se mantuvo en 9, pero la abundancia aumentó a 82 individuos. *Zonotrichia capensis* registró 9 individuos, mientras que *Cinclodes albiventris* mostró un aumento significativo llegando a 16 individuos. *Catamenia inornata* fue la especie más abundante con 20 individuos. Otras especies como *Sicalis uropygialis* y *Geospizopsis plebejus* también estuvieron presentes con 14 y 6 individuos respectivamente.

Para 2020, el número de especies aumentó a 11 y la abundancia a 109 individuos. *Zonotrichia capensis* experimentó un aumento significativo llegando a 37 individuos, mientras que *Phrygilus punensis* aumentó a 19 individuos y *Cinclodes fuscus* registró 24 individuos. Especies como *Chroicocephalus serranus*,

Spinus atratus y *Geospizopsis plebejus* presentaron una abundancia intermedia.

En 2021, el número de especies incrementó a 12 y la abundancia a 297 individuos. *Sicalis uropygialis* fue la especie más abundante con 122 individuos, seguida por *Zonotrichia capensis* con 85 individuos. Otras especies como *Cinclodes fuscus*, *Plegadis ridgwayi*, *Catamenia inornata* y *Chroicocephalus serranus* presentaron una abundancia intermedia.

Finalmente, en 2022, el número de especies aumentó significativamente a 17 y la abundancia a 723 individuos. *Zonotrichia capensis* experimentó un aumento masivo alcanzando 335 individuos, mientras que *Sicalis uropygialis* también mostró un aumento significativo con 181 individuos registrados. Otras especies como *Chroicocephalus serranus* y *Plegadis ridgwayi* también estuvieron presentes significativamente. Especies como *Muscisaxicola juninensis*, *Asthenes modesta*, *Colaptes rupicola*, *Spinus atratus* y *Daptrius megalopterus* presentaron una abundancia intermedia. Las especies restantes presentaron abundancia entre 9 a 1 individuo.

Especies presentes durante todo el periodo (2018 – 2022)

Durante todo el periodo de estudio (2018 – 2022), se identificaron 3 especies que mantuvieron su presencia constante en el área de investigación. La especie *Zonotrichia capensis*, inicialmente registrada con 8 individuos en 2018, experimentó un aumento continuo en su población a lo largo de los años, alcanzando una cifra significativa de 335 individuos en 2022, convirtiéndose así en la

especie predominante en la zona de estudio. Por otro lado, la especie *Chroicocephalus serranus*, que contaba con un único individuo en 2018, mostró un incremento gradual en su abundancia a lo largo del periodo de estudio, alcanzando 53 individuos en 2022. Finalmente, la especie *Colaptes rupicola*, que inició con una población de 3 individuos en 2018, experimentó fluctuaciones en su abundancia a lo largo de los años, pero mantuvo su presencia constante, llegando a registrar 12 individuos en 2022.

Especies presentes durante cuatro de los cinco años estudiados

Se identificaron cuatro especies de aves distintas en el área de investigación durante este subperiodo.

- *Geospizopsis plebejus* estuvo presente desde el inicio del estudio en 2018, con una población de 10 individuos. Aunque su presencia disminuyó en los años siguientes, en 2022, se observó un aumento en su población, alcanzando nuevamente los 9 individuos.
- *Phrygilus punensis* mostró una presencia intermitente a lo largo de los años, inicialmente, en 2018, se registraron 9 individuos, pero estuvo ausente en 2019. Sin embargo, regresó en 2020 con una población de 19 individuos. Aunque disminuyó en 2021 a 4 individuos, en 2022 incrementó a 6 individuos.
- *Plegadis ridgwayi* exhibió una presencia más constante durante el periodo de estudio. Inicialmente, se observaron 2 individuos en 2019, y su población aumentó significativamente en 2021, alcanzando los 20 individuos, y en 2022 alcanzó su punto máximo con 53 individuos, y *Upucerthia validirostris* estuvo presente

desde el inicio del estudio con 3 individuos en 2018. Aunque no se registraron individuos en 2019, reapareció en 2020 y 2021 con 1 y 2 individuos respectivamente. Finalmente, en 2022, su población se mantuvo en 3 individuos.

Especies presentes durante tres de los cinco años estudiados

Se identificaron cuatro especies de aves durante este sub periodo de 3 años.

- *Catamenia inornata* estuvo presente en 2018, 2019 y 2021. Registró 6 individuos en 2018, aumentó significativamente a 20 individuos en 2019 y luego disminuyó a 14 individuos en 2021.
- *Sicalis uropygialis* estuvo presente en 2019, 2021 y 2022. Inicialmente registró 14 individuos en 2019, y su población aumentó drásticamente a 122 individuos en 2021, alcanzando un máximo de 181 individuos en 2022.
- *Spinus atratus* y *Turdus chiguanco* estuvieron presente en 2020, 2021 y 2022. No se registraron individuos en 2018 y 2019, pero en 2020 su población de *Spinus atratus* aumentó a 8 individuos, luego disminuyó ligeramente a 6 individuos en 2021 y aumentó nuevamente a 10 individuos en 2022, y *Turdus chiguanco* mostró una presencia constante a lo largo de los tres años, con un individuo registrado en cada año desde 2020 hasta 2022.

Especies presentes en dos de los cinco años estudiados

Se identificaron cuatro especies de aves que estuvieron presentes en dos de los cinco años estudiados.

- *Cinclodes atacamensis*: Esta especie estuvo presente en los años 2018 y 2019 con 9 y 5 individuos respectivamente. Sin embargo, no se registraron individuos en los años posteriores (2020-2022).
- *Cinclodes albiventris*: Se registró en 2018 y 2019 con 7 y 16 individuos respectivamente. Después de estar ausente en los años 2020 y 2021, reapareció en 2022 con 9 individuos.
- *Cinclodes fuscus*: Estuvo ausente en los años 2018 y 2019, pero su presencia fue notable en 2020 y 2021 con 24 y 27 individuos respectivamente. Sin embargo, no se registraron individuos en 2022.
- *Daptrius megalopterus*: Esta especie estuvo ausente en 2018, 2019 y 2020, pero se registraron individuos en 2021 (1 individuo) y 2022 (10 individuos).

Especies presentes solo en uno de los cinco años estudiados

Se identificaron seis especies de aves que estuvieron presentes en solo uno de los cinco años estudiados.

- *Muscisaxicola griseus*: Esta especie no estuvo presente en los años 2018, 2019, 2020 ni 2021, pero se registraron 4 individuos en el año 2022.
- *Muscisaxicola juninensis*: No se registró en los años 2018, 2019, 2020 ni 2021, pero apareció en el año 2022 con 13 individuos.
- *Muscisaxicola rufivertex*: Al igual que las dos especies anteriores, no se registraron individuos en los años 2018, 2019, 2020 ni 2021, pero se identificaron 7 individuos en el año 2022.

- *Troglodytes aedon*: Esta especie tampoco estuvo presente en los años 2018, 2019, 2020 ni 2021, pero se observaron 5 individuos en el año 2022.
- *Asthenes modesta*: No se registraron individuos de esta especie en los años 2018, 2019, 2020 ni 2021, pero se identificaron 12 individuos en el año 2022, y *Chloephaga melanoptera*: Estuvo ausente en los años 2018, 2019 y 2021, pero se registraron 2 individuos en el año 2020. Sin embargo, no se observaron individuos en el año 2022.

En resumen, se evidencia una variabilidad en la abundancia de especies de avifauna a lo largo de los cinco años de análisis, donde algunas muestran una tendencia de aumento constante en su población, mientras que otras experimentan fluctuaciones. La especie dominante en el área de estudio es *Zonotrichia capensis*, seguida por *Sicalis uropygialis*, *Chroicocephalus serranus* y *Plegadis ridgwayi*.

4.2.4.2. Índice de Shannon (H')

CUADRO N° 47: Índice de diversidad de Shannon

AÑOS	RIQUEZA	ABUNDANCIA	ÍNDICE DE SHANNON (Con base ln)	INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD (CESEL, 2021)
2018	9	56	2.058	Mediana diversidad
2019	9	82	2.001	Mediana diversidad
2020	11	109	1.823	Mediana diversidad
2021	12	297	1.659	Mediana diversidad
2022	17	723	1.702	Mediana diversidad

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Estos resultados evidencian una diversidad media en el ecosistema objeto de estudio durante el período quinquenal de observación. A pesar del significativo aumento tanto en la riqueza de especies, pasando de 9 a 17 especies entre 2018 y 2022, como en la abundancia de individuos, que escaló de 56 a 723 individuos en el mismo lapso, el índice de Shannon, un indicador de diversidad, refleja una leve tendencia a la disminución en los años más recientes. Esta dinámica se atribuye a variaciones en la distribución proporcional de la abundancia relativa de las especies y a la inclusión de nuevas especies con una presencia menos predominante. En un contexto general, una diversidad mediana denota una moderada variedad de especies en el hábitat estudiado, indicando un equilibrio relativo en la comunidad avifaunística a lo largo del período analizado.

4.2.4.3. Índice de Simpson ($1 - \lambda$)

CUADRO N° 48: Índice de diversidad de Simpson

AÑOS	RIQUEZA	ABUNDANCIA	DIVERSIDAD	INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD (Menhinick, 1964)
2018	9	56	0.863	Diversidad alta
2019	9	82	0.844	Diversidad alta
2020	11	109	0.791	Diversidad media
2021	12	297	0.732	Diversidad media
2022	17	723	0.710	Diversidad media

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Los resultados señalan que la diversidad de especies en el área de estudio fue alta en los años 2018 y 2019, como lo indican los valores cercanos a 1 del índice de diversidad de Simpson. Sin embargo, a partir

de 2020, se observó un declive en la diversidad, clasificándose como diversidad media. Este fenómeno sugiere que, a pesar del aumento en el número total de especies e individuos a lo largo del tiempo, la equidad en la distribución de la abundancia entre estas especies ha disminuido. Esto se atribuye a la prevalencia de especies dominantes en el área de estudio, mientras que las restantes muestran una abundancia más reducida. En el año 2022, las especies preponderantes son *Zonotrichia capensis*, con 335 individuos, y *Sicalis uropygialis*, con 181 individuos. En este contexto, si se seleccionan en la zona de estudio dos individuos al azar, la probabilidad de que ambos pertenezcan a una de estas especies es mayor, lo que subraya el impacto de la dominancia en la selección aleatoria. Esto, a su vez, implica una discriminación hacia las especies menos abundantes, ya que el valor del índice de diversidad es inversamente proporcional a la dominancia. Estas observaciones resaltan la importancia de considerar medidas de diversidad como esta para lograr una comprensión más profunda de la estructura y la estabilidad de las comunidades de avifauna a lo largo del tiempo.

4.2.4.4. Índice de Margalef (Dmg)

CUADRO N° 49: Índice de diversidad de Margalef

AÑOS	RIQUEZA	ABUNDANCIA	DIVERSIDAD	INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD (CESEL, 2021)
2018	9	56	1.987	Baja diversidad
2019	9	82	1.815	Baja diversidad
2020	11	109	2.132	Mediana diversidad
2021	12	297	1.932	Baja diversidad
2022	17	723	2.430	Mediana diversidad

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

El Índice de diversidad de Margalef se determina en función de la distribución numérica de individuos entre las distintas especies presentes en la muestra. En este contexto, los datos revelan que, en los años 2018 y 2019, el índice de diversidad de Margalef fue relativamente bajo, lo que evidencia una escasa diversidad a pesar de la presencia moderada tanto en el número de especies como en la abundancia de individuos.

Por el contrario, en los años 2020 y 2022, se observa un aumento en este índice, lo que denota una diversidad de especies de nivel medio, indicando una mayor variedad de especies en el área estudiada. Estos hallazgos apuntan a cambios en la estructura de la comunidad de avifauna a lo largo del tiempo, con una tendencia hacia una mayor diversidad a partir de 2020.

4.2.4.5. Índice de Pielou (J')

CUADRO N° 50: Índice de diversidad de Pielou

AÑOS	RIQUEZA	ABUNDANCIA	DIVERSIDAD
2018	9	56	0.937
2019	9	82	0.911
2020	11	109	0.760
2021	12	297	0.668
2022	17	723	0.601

Fuente: Elaboración propia

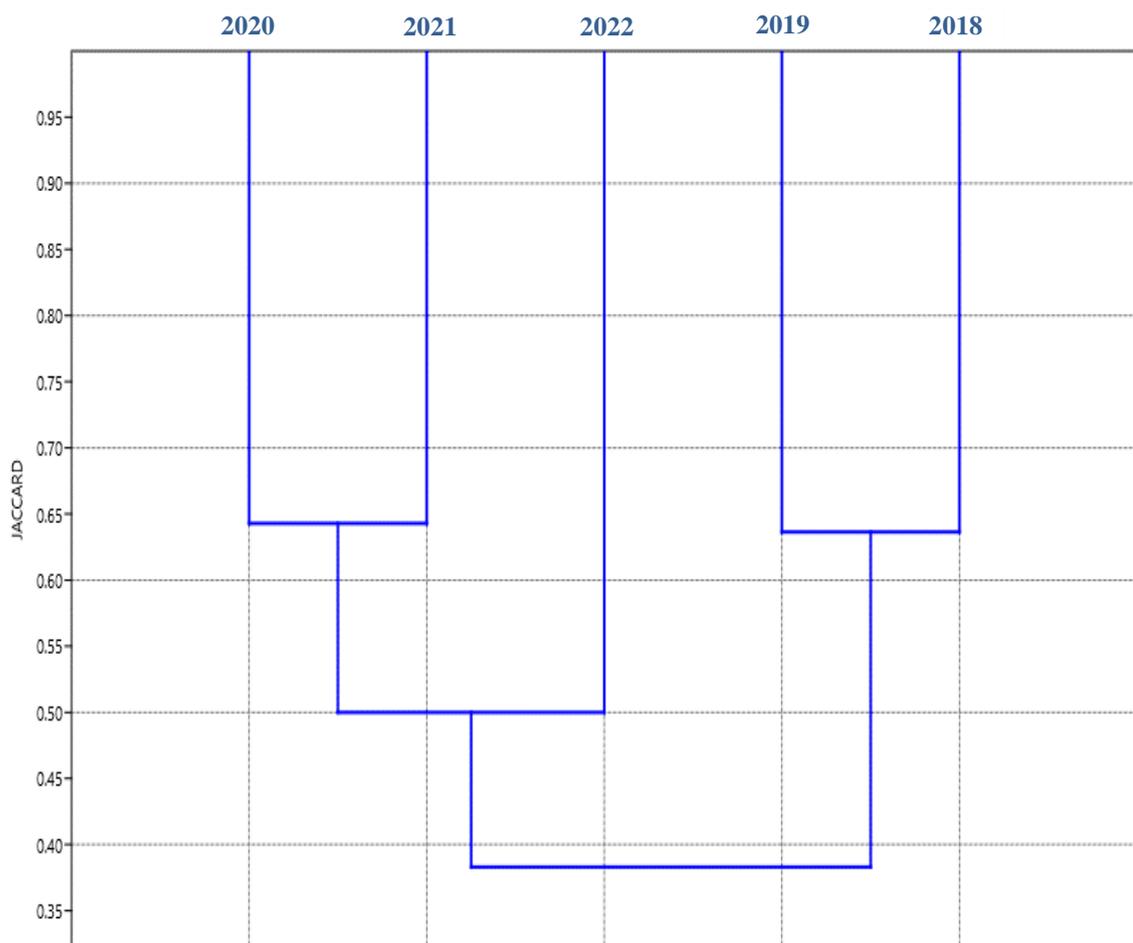
Interpretación

Estos resultados apuntan a una disminución de la equidad en la distribución de individuos entre las especies a lo largo del tiempo en el área de estudio.

En 2018 y 2019, se observa una homogeneidad moderadamente alta, indicando una distribución relativamente equitativa de individuos entre las especies presentes. Sin embargo, a partir del año 2020, esta equidad disminuye, reflejando una distribución menos equitativa de individuos entre las especies, atribuible a la dominancia de ciertas especies de ornitofauna que afectan la abundancia relativa de las demás. Por lo tanto, es indispensable vigilar esta tendencia para comprender la estabilidad del ecosistema en el área de estudio.

4.2.4.6. Índice de Jaccard (Ij)

GRÁFICO N° 16: Dendrograma del índice de similitud de Jaccard



Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 51: Índice de diversidad de Jaccard

AÑOS	ÍNDICE	INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DE JACCARD (SANDRO, 2014)
2018 - 2019	> 0.62	Alta semejanza
2020 - 2021	> 0.64	Alta semejanza
2020 – 2021 - 2022	0.50	Semejanza media
2020 – 2021 – 2022 – 2019 - 2018	> 0.38	Baja semejanza

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

El Índice de Jaccard se emplea para evaluar la similitud entre dos conjuntos de datos, en este caso, las comunidades de avifauna de diferentes años en el área de estudio. Para los años 2018 y 2019, el índice de Jaccard supera el valor de 0.62, lo que indica una alta similitud entre las comunidades de avifauna en esos dos años. De manera análoga, para los años 2020 y 2021, el índice excede 0.64, señalando también una alta similitud entre estas comunidades de avifauna. Este resultado refleja continuidad y coherencia en la composición de especies entre estos períodos. Sin embargo, al comparar los conjuntos de datos de los años 2020, 2021 y 2022, el índice es de 0.50, denotando una similitud media entre las comunidades de avifauna en estos tres años. Esto se atribuye al aumento de nuevas especies en los dos últimos años en el área de estudio. Al analizar los conjuntos de datos de los años 2018, 2019, 2020, 2021 y 2022, el índice de similitud supera 0.38, lo que indica una baja similitud entre todas las comunidades de avifauna en estos cinco años. Esta diferencia se atribuye a las fluctuaciones en el número de especies y su abundancia en cada período. Entre los años 2018 y 2022, se registraron la incorporación de nuevas especies de ornitofauna y la reducción en la

presencia de especies mínimas en comparación con años anteriores. Por ejemplo, la especie *Spinus atratus* apareció por primera vez en 2020 y se mantuvo hasta 2022 con 10 individuos, mientras que las especies *Cinclodes atacamensis* y *Cinclodes albiventris* solo estuvieron presentes en los años 2018 y 2019. Este índice demuestra que la comunidad de avifauna experimenta cambios en su composición a lo largo del tiempo, siendo más similar entre años consecutivos, pero menos similar en períodos más largos o no consecutivos, lo que puede relacionarse a la modificación positiva o negativa de su hábitat y a factores climáticos.

4.2.4.7. Sensibilidad

CUADRO N° 52: Especies de aves Categorizadas por su Estado de Conservación a Nivel Nacional e Internacional

ESPECIE	POBLACIÓN ⁺	IUCN (2023)	IUCN*	CITES (2023)	D.S N° 004-2014-MINAGRI	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA
<i>Catamenia inornata</i>	Creciente	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2016)
<i>Chloephaga melanoptera</i>	Estable	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2016)
<i>Cinclodes albiventris</i>	Estable	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , Cinclodes albiventris, 2017)
<i>Cinclodes atacamensis</i>	Decreciente	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2016)
<i>Cinclodes fuscus</i>	Estable	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2017)
<i>Colaptes rupicola</i>	Estable	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2017)
<i>Muscisaxicola griseus</i>	Estable	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2016)
<i>Muscisaxicola juninensis</i>	Estable	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2016)
<i>Muscisaxicola rufivertex</i>	Estable	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2016)
<i>Geospizopsis plebejus</i>	Estable	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2016)
<i>Phrygilus punensis</i>	Estable	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2016)
<i>Plegadis ridgwayi</i>	Decreciente	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2016)
<i>Sicalis uropigyalis</i>	Estable	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2016)
<i>Spinus atratus</i>	Estable	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2016)
<i>Troglodytes aedon</i>	Creciente	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2017)
<i>Turdus chiguanco</i>	Estable	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2016)
<i>Upucerthia validirostris</i>	Decreciente	LC	2016	-	-	(BirdLife I. , 2017)
<i>Zonotrichia capensis</i>	Creciente	LC	2020	-	-	(BirdLife I. , 2020)

Fuente: Elaboración propia

* Evaluada por última vez para la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN

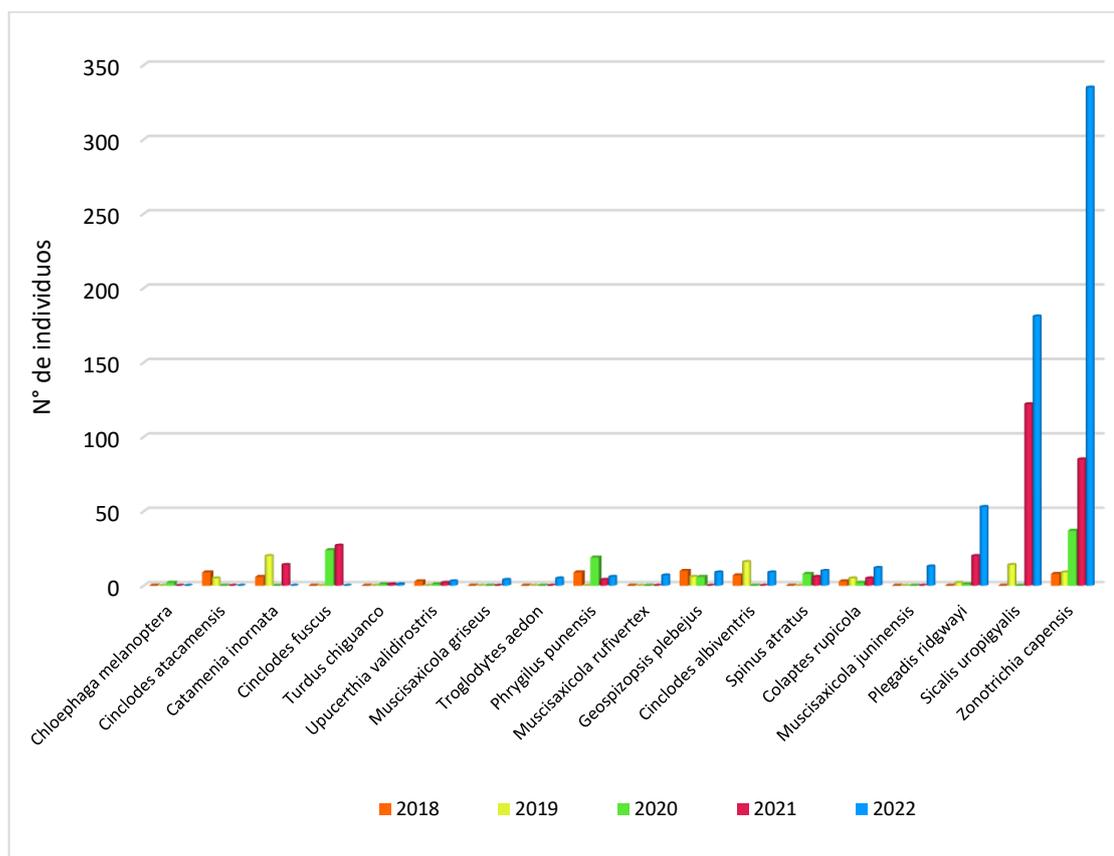
⁺Tendencia de población
Preocupación Menor (LC)

Interpretación

El Cuadro N° 52 presenta datos relacionados con la población y el estado de conservación de diversas especies de aves, según la Lista Roja de la IUCN del año 2023, junto con su referencia bibliográfica.

A. Legislación Internacional - IUCN

GRÁFICO N° 17: Especies de categoría Preocupación Menor según en la Lista Roja de la IUCN



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

El Gráfico N° 17 ilustra la dinámica de abundancia de especies de ornitofauna categorizadas como de "Preocupación Menor" (LC) en la Lista Roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) durante el período de 2018 a 2022. La abundancia total de estas especies experimentó un

aumento gradual de 55 individuos en 2018 a 648 individuos en 2022. En 2019, se registró la presencia de 77 individuos de estas especies, seguido de un incremento a 101 en 2020 y a 286 individuos en 2021. Por otro lado, la riqueza de especies con categoría de Preocupación Menor también experimentó un aumento de 8 especies en 2018 a 14 especies IUCN en 2022.

Se mantuvo en 8 especies en 2019, incremento a 10 especies en 2020 y en 2021 se mantuvo en 10 especies con categoría de Preocupación Menor. Algunas especies, como *Zonotrichia capensis* y *Sicalis uropigyalis*, mostraron un aumento significativo en su abundancia a lo largo de los años, lo que contribuyó al aumento general de la abundancia de aves categorizadas como de Preocupación Menor. Sin embargo, otras especies como *Phrygilus punensis* y *Plegadis ridgwayi* experimentaron fluctuaciones en su abundancia a lo largo del período estudiado.

Especies de 'Preocupación Menor' Según la IUCN

➤ Interpretación

La Figura N° 21 muestra un mapa de distribución de especies de ornitofauna categorizadas como de Preocupación Menor (LC), donde el área de estudio se muestra en color rojo, la Zona IUCN en naranja con franjas transparentes y la Zona prioritaria IUCN en azul. Este mapa se utiliza para visualizar las áreas que albergan especies de aves en estado de conservación y evaluar el riesgo de extinción de las especies presentes en el área de estudio. Es una herramienta valiosa para investigaciones futuras y para la

elaboración de la Zonificación Ecológica y Económica, ayudando a identificar áreas con especies que requieren conservación y orientando la implementación de medidas de protección adecuadas. Además, ofrece información sobre la distribución geográfica.

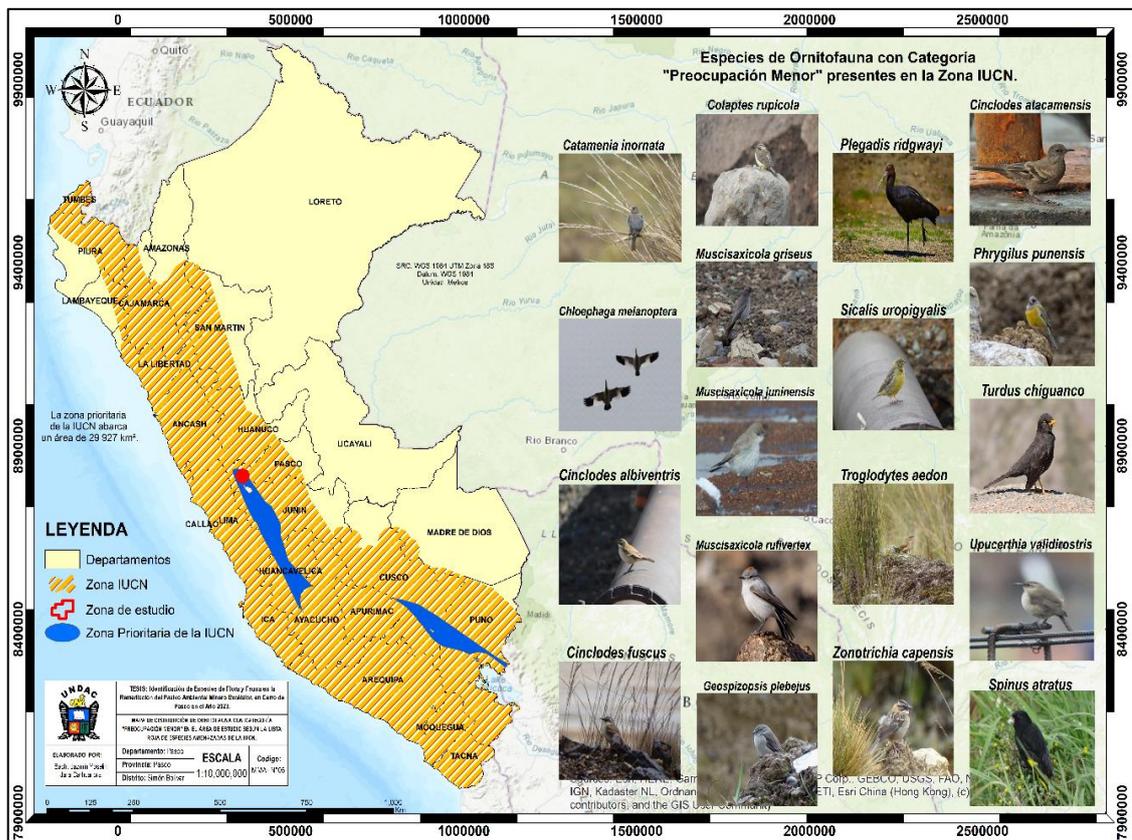
En el área de estudio se han identificado un total de 18 especies de ornitofauna catalogadas como de Preocupación Menor (LC) en la Lista Roja de la IUCN, como se detalla en el Cuadro N° 52. La zona de color naranja con franjas transparentes indica las áreas donde se puede encontrar al menos una de estas 18 especies de avifauna, mientras que la zona prioritaria IUCN con un área de 29 927 km² resalta los lugares donde se encuentran todas estas especies de aves.

La inclusión del área de estudio en la zona prioritaria IUCN resalta la importancia de la remediación ambiental del PAM Excélsior, la cual contribuye a la recuperación del hábitat y al mejoramiento de los ecosistemas terrestres. Esto, a su vez, potencialmente estabiliza las poblaciones de especies con tendencia a disminuir. Por ejemplo, la especie *Plegadis ridgwayi*, que presenta una tendencia decreciente en su población a nivel mundial, no fue avistada en el área de estudio en 2018 cuando está aún se encontraba impactada por los depósitos de desmontes de Excelsior y las actividades de remediación estaban en su etapa inicial. Sin embargo, para 2022, cuando el proceso de remediación del PAM Excélsior se

encontraba con un avance de más del 80%, se registraron 53 individuos de esta especie.

Este aumento en su población evidencia un impacto positivo del proceso de remediación en el hábitat y en el avistamiento de una variedad de especies de avifauna.

FIGURA N° 21: Mapa de distribución de ornitofauna con categoría de "Preocupación Menor" en el área de estudio según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN.



Fuente: Elaboración propia

B. Legislación Internacional – CITES y Legislación Nacional

Las especies de ornitofauna identificadas en el área de estudio no están incluidas en ninguno de los apéndices de la CITES en su versión actualizada durante el periodo 2023. Tampoco se encuentran enlistadas en el Anexo de la Clasificación de Especies Amenazadas de Fauna Silvestre, aprobada mediante el Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI.

4.2.4.8. Endemismo

Ninguna de las especies de aves registradas en el área de estudio es endémica del Perú; la mayoría de ellas se encuentran ampliamente distribuidas en todo el continente americano.

4.2.5. Mastofauna

4.2.5.1. Composición, riqueza y abundancia

Los siguientes cuadros presentan los resultados de composición, riqueza y abundancia de especies de mastofauna registradas en el área de estudio entre 2018 y 2022.

CUADRO N° 53: Composición taxonómica de especies de mamíferos registradas en la zona de estudio (2018 – 2022)

ESPECIES DE MASTOFAUNA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2018							
N°	REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Akodon	<i>cf. Akodon albiventer</i>

ESPECIES DE MASTOFAUNA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2019							
N°	REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Phyllotis	<i>cf. Phyllotis magister</i>

ESPECIES DE MASTOFAUNA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2020							
N°	REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Auliscomys	<i>Auliscomys pictus</i>

ESPECIES DE MASTOFAUNA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2021							
N°	REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Thomasomys	<i>Thomasomys incanus</i>
2	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Auliscomys	<i>Auliscomys pictus</i>
3	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Neotomys	<i>Neotomys ebriosus</i>

ESPECIES DE MASTOFAUNA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2022							
N°	REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Auliscomys	<i>Auliscomys pictus</i>

2	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Akodon	<i>Akodon juninensis</i>
3	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Thomasomys	<i>Thomasomys incanus</i>
4	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Abrothrix	<i>Abrothrix jelskii</i>
5	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Neotomys	<i>Neotomys ebriosus</i>

Cf. Es una abreviatura taxonómica que denota una identificación incierta o provisional de una especie.

Fuente: *Elaboración propia*

CUADRO N° 54: Riqueza de mastofauna en el área de estudio (2018 – 2022)

Clase	2018		2019		2020		2021		2022	
	Riqueza	%								
Mammalia	1	100	1	100	1	100	3	100	5	100
TOTAL	1	100	1	100	1	100	3	100	5	100

Fuente: *Elaboración propia*

A. Estimación de la riqueza y abundancia en el año 2018

CUADRO N° 55: Riqueza y abundancia de especies de Mastofauna en el año 2018

N°	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	cf. Akodon albiventer	Ratón Campestre de Vientre Blanco	1	0	1	100.00
Total			1	0	1	100.00

Fuente: *Elaboración propia*

➤ Interpretación

En el área de investigación, no se ha detectado la presencia de mamíferos mayores, ya sea de manera directa o indirecta. Esta carencia se atribuye a la influencia del ruido y las vibraciones generadas por las actividades mineras cercanas al área de estudio, así como a la composición mineralógica predominante en la región geográfica. Estas condiciones inducen la migración de mamíferos hacia áreas diferentes, siendo esta respuesta directa a las alteraciones ocasionadas por la actividad minera. Sin embargo, se

ha documentado la presencia de una especie de un mamífero menor en el área de estudio. En el Cuadro N° 53 se proporciona información detallada sobre su clasificación taxonómica. Esta especie fue capturada mediante el uso de trampas Sherman, específicamente en una de las trampas instaladas en el punto de monitoreo PMB-01. La abundancia total registrada de la especie *Cf. Akodon albiventer*, perteneciente a la familia Cricetidae, del orden Rodentia y la clase Mammalia, se limitó a un solo individuo, según se detalla en el Cuadro N° 55.

B. Estimación de la riqueza y abundancia en el año 2019

CUADRO N° 56: Riqueza y abundancia de especies de Mastofauna en el año 2019

N°	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	cf. <i>Phyllotis magister</i>	Ratón orejón maestro	0	1	1	100.00
Total			0	1	1	100.00

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

En el área estudiada durante el año 2019, no se registraron mamíferos de gran tamaño; sin embargo, se inventarió la presencia de una especie de mamífero de menor tamaño.

En el Cuadro N° 53 se proporciona una descripción detallada de su clasificación taxonómica. La captura de esta especie mencionada se registró específicamente en una de las trampas instaladas en el punto de monitoreo PMB-02. La abundancia total registrada de la especie *cf. Phyllotis magister*, perteneciente a la familia Cricetidae, del orden Rodentia y la clase Mammalia, se limitó a un solo individuo, como se detalla en el Cuadro N° 56.

C. Estimación de la riqueza y abundancia en el año 2020

CUADRO N° 57: Riqueza y abundancia de especies de Mastofauna en el año 2020

N°	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	<i>Auliscomys pictus</i>	Ratón orejón pintado	0	4	4	100.00
Total			0	4	4	100.00

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

En el área de estudio no se han registrado mamíferos de gran tamaño. Sin embargo, se ha identificado la presencia de una especie de roedor, perteneciente a una familia específica y distribuida en un orden particular dentro de la formación vegetal predominante en la región, conocida como Pajonal Andino (Pj).

Estos hallazgos se basan en observaciones directas y se detallan en el Cuadro N° 53, que presenta la composición taxonómica de la especie. La captura de este roedor se documentó específicamente en una de las trampas colocadas en el punto de monitoreo PMB-02.

Durante el monitoreo biológico, se registraron en total 4 individuos de la especie *Auliscomys pictus*, perteneciente a la familia Cricetidae, del orden Rodentia y la clase Mammalia, según se detalla en el Cuadro N° 57.

Esta especie es comúnmente conocida como "Ratón orejón pintado" y representó el 100 % del total de individuos registrados.

D. Estimación de la riqueza y abundancia en el año 2021

CUADRO N° 58: Riqueza y abundancia de especies de Mastofauna en el año 2021

N°	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	<i>Thomasomys incanus</i>	Ratón montaraz incaico	2	0	2	40.00
2	<i>Auliscomys pictus</i>	Ratón orejón pintado	0	2	2	40.00
3	<i>Neotomys ebriosus</i>	Ratón de humedales andino	0	1	1	20.00
Total			2	3	5	100.00

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

En la evaluación de mamíferos realizada en el año 2020 en la región investigada, se constató la presencia de mamíferos menores, ya que no se registraron mamíferos de gran tamaño ni mamíferos voladores. Se identificaron un total de 3 especies de mamíferos y se contabilizaron 5 individuos en total, cuya clasificación taxonómica se presenta en el Cuadro N° 53. Estos registros fueron obtenidos mediante observación directa, que incluyó la identificación de huellas, heces, madrigueras y entrevistas no estructuradas realizadas en la zona de estudio.

Se destaca la predominancia de dos especies en el área de estudio: *Thomasomys incanus*, también conocido como "Ratón montaraz incaico", que constituye el 40.00% del total de individuos contabilizados; y *Auliscomys pictus*, denominado "Ratón orejón pintado", que representa igualmente el 40.00% del total de individuos. La especie *Neotomys ebriosus*, conocida como "Ratón de humedales andino", conforma el 10% con la presencia de un solo individuo.

E. Estimación de la riqueza y abundancia en el año 2022

CUADRO N° 59: Riqueza y abundancia de especies de Mastofauna en el año 2022

N°	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	<i>Auliscomys pictus</i>	Ratón Orejón Pintado	2	8	10	55.56
2	<i>Akodon juninensis</i>	Ratón de Pasto de Junín	1	1	2	11.11
3	<i>Thomasomys incanus</i>	Ratón montaraz incaico	0	1	1	5.56
4	<i>Abrothrix jelskii</i>	Ratón Tricolor	0	3	3	16.67
5	<i>Neotomys ebriosus</i>	Ratón de humedales andino	0	2	2	11.11
Total			3	15	18	100.00

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

En el año 2022, no se encontraron mamíferos de gran tamaño en el área de estudio, centrando la investigación únicamente en mamíferos menores. Se identificaron un total de 5 especies de roedores, con un conteo total de 18 individuos, cuya clasificación taxonómica se detalla en el Cuadro N° 53. Estos registros se obtuvieron mediante observaciones realizadas con trampas Sherman, que incluyeron la identificación de huellas, heces, madrigueras y entrevistas personales.

Según se destaca en el Cuadro N° 59, la especie predominante fue *Auliscomys pictus*, conocida como "Ratón orejón pintado", representando el 55.56% del total de individuos registrados. Le siguió *Abrothrix jelskii*, también denominado "Ratón Tricolor", con un porcentaje del 16.67%. Por otro lado, tanto las especies *Akodon juninensis* como *Neotomys ebriosus* mostraron una representación del 11.11% cada una. Finalmente, la especie

Thomasomys incanus constituyó el 5.56% del total de individuos identificados.

F. Categorización de abundancia de especies de mastofauna 2018-2022

CUADRO N° 60: Resumen del parámetro de abundancia de especies (2018 – 2022)

DIVERSIDAD	RANGO DE ABUNDANCIA	NÚMERO DE ESPECIES				
		2018	2019	2020	2021	2022
Muy raro	<5	1	1	1	3	4
Raro	5 - 15	0	0	0	0	1
Escaso	15 - 30	0	0	0	0	0
Abundante	30 - 100	0	0	0	0	0
Muy abundante	> 100	0	0	0	0	0
Total		1	1	1	3	5

Fuente: Elaboración propia

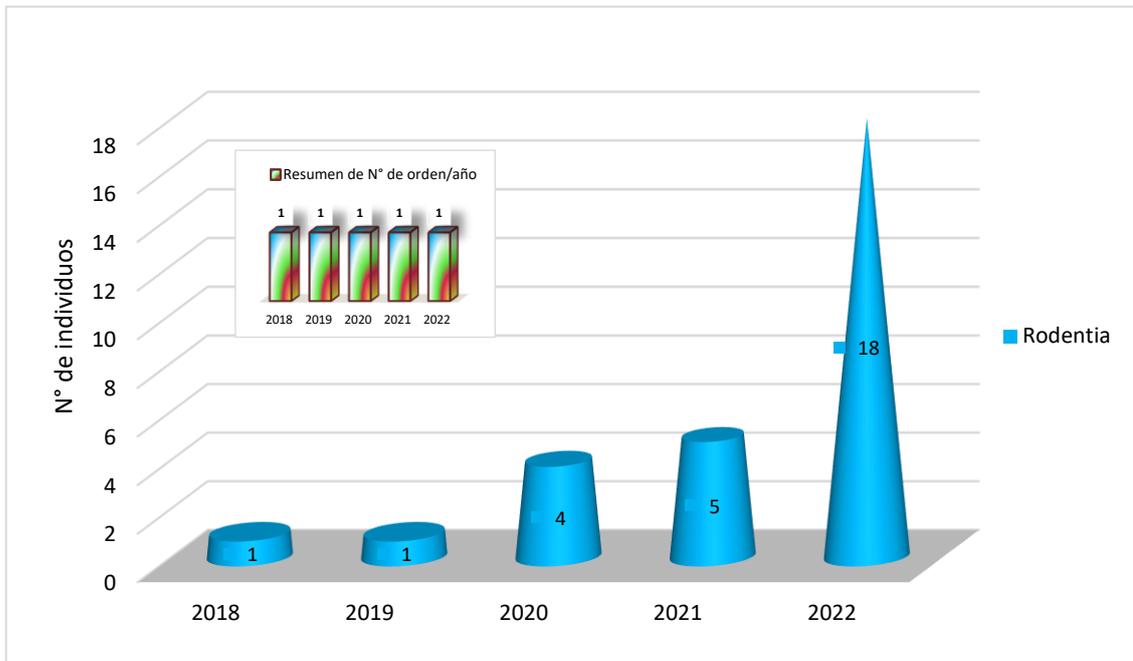
➤ Interpretación

Según el cuadro presentado, la diversidad y el rango de abundancia de especies en el área de estudio durante los años 2018-2022 se pueden resumir de la siguiente manera: Entre 2018 y 2020, las especies fueron catalogadas como "Muy raro", con una sola especie presente en cada año y con un rango de abundancia inferior a 5 individuos. En 2021, la diversidad aumentó con tres especies presentes, todas clasificadas como "Raro". Finalmente, en 2022, la diversidad alcanzó su punto máximo, con cinco especies presentes. Cuatro de estas especies se clasificaron como "Muy raro", mientras que una especie se ubicó en la categoría "Raro". En resumen, hubo una tendencia hacia un aumento en la diversidad de especies a lo largo de los años, con un cambio en la distribución de las especies entre diferentes categorías de

abundancia, lo que refleja cambios en las condiciones ambientales.

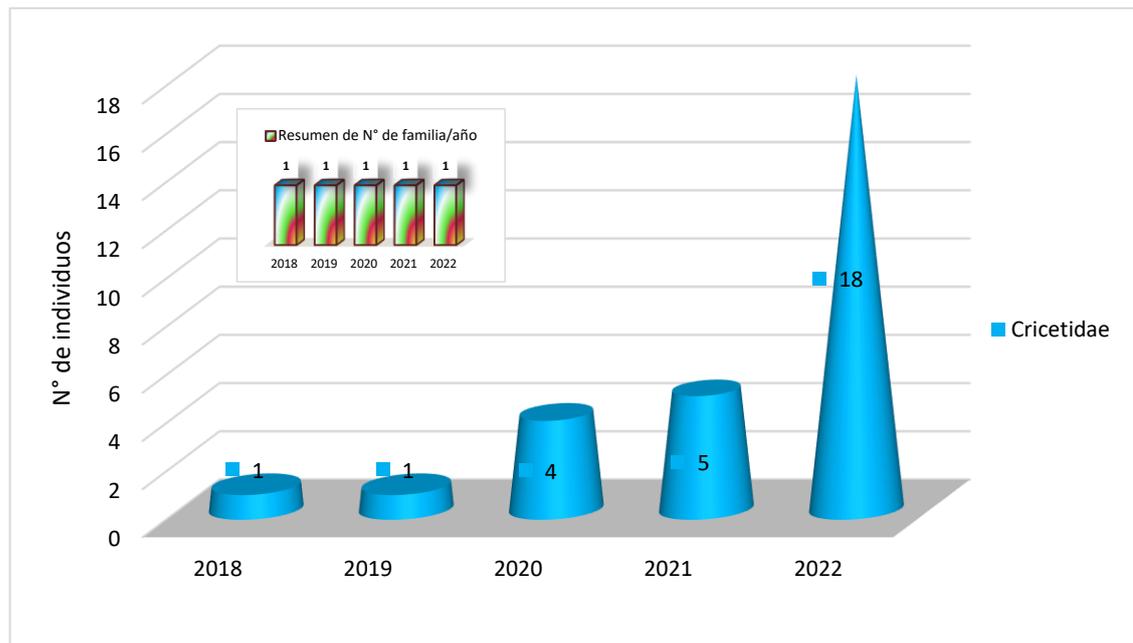
G. Abundancia de mastofauna por Orden y Familia Taxonómica (2018 – 2022)

GRÁFICO N° 18: Abundancia de mastofauna por Orden Taxonómico por año



Fuente: Elaboración Propia

GRÁFICO N° 19: Abundancia de mastofauna por familia taxonómica por año



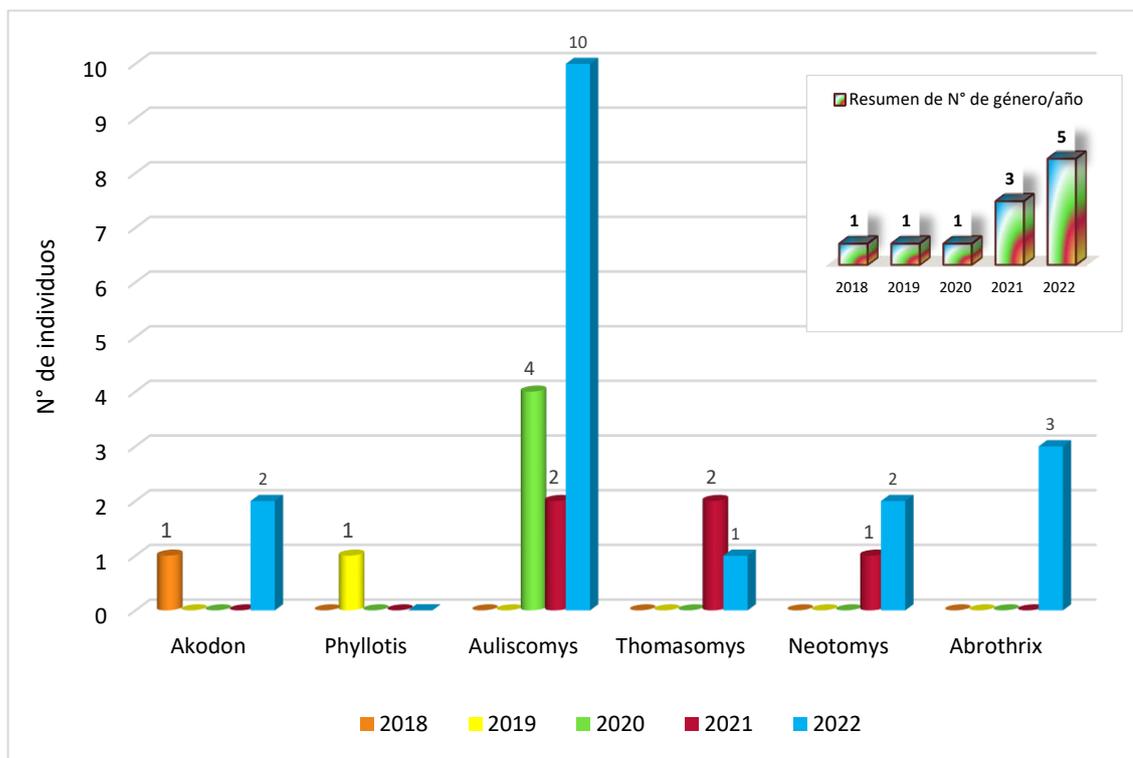
Fuente: Elaboración Propia

Interpretación

Durante el período de evaluación de la mastofauna en el área de estudio entre 2018 y 2022, se registró exclusivamente la presencia de la orden Rodentia y la familia Cricetidae, representando el 100% de la fauna mamífera observada.

H. Abundancia de mastofauna por genero taxonómico y especie (2018 – 2022)

GRÁFICO N° 20: Abundancia de mastofauna por Genero Taxonómico por año



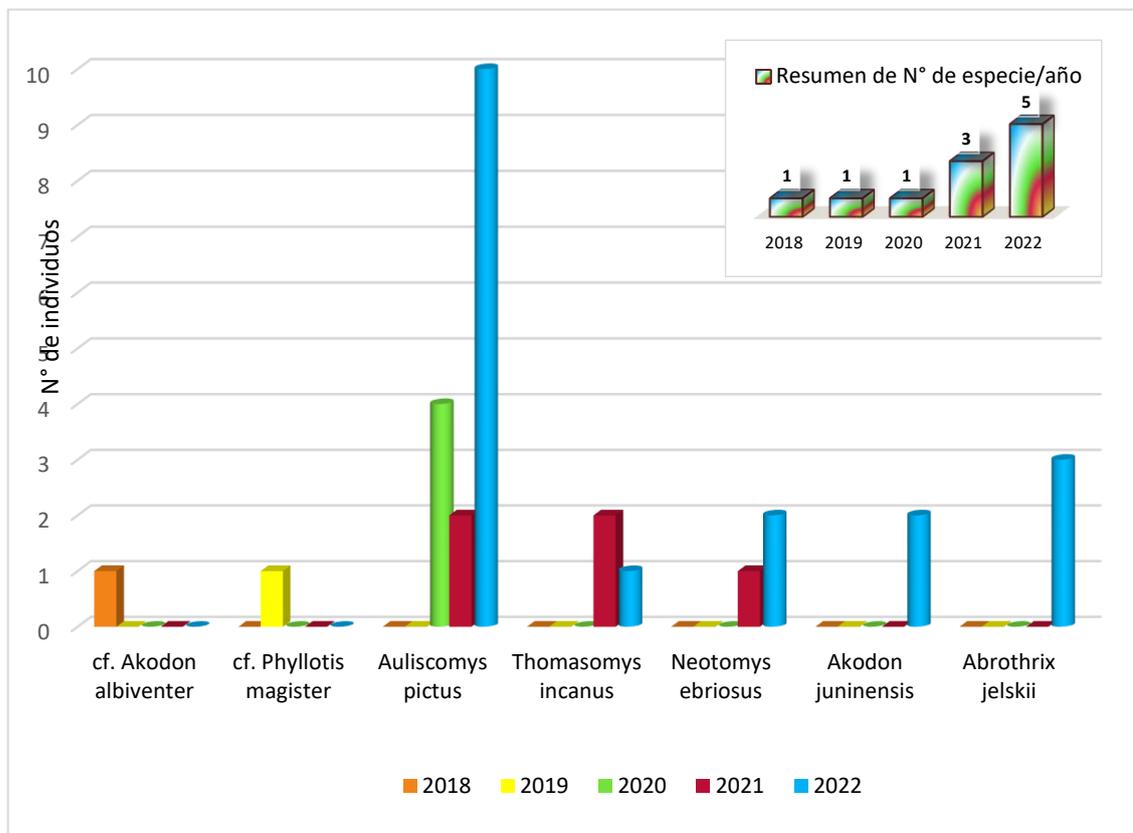
Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: Genero taxonómico

El Gráfico N° 20 muestra la distribución de diversos géneros pertenecientes a la familia Cricetidae en el área de estudio durante el período de 2018 a 2022. En 2018, se registró la presencia de un individuo del género Akodon. En 2019, se observó un individuo del género Phyllotis. En 2020, el género más abundante fue Auliscomys,

con 4 individuos registrados. En 2021, se encontraron individuos de los géneros *Auliscomys*, *Thomasomys* y *Neotomys*, con 2, 2 y 1 individuos respectivamente. Por último, en 2022, se identificaron individuos de los géneros *Auliscomys*, *Abrothrix*, *Akodon*, *Neotomys* y *Thomasomys*, con 10, 3, 2, 2 y 1 individuos respectivamente. Estos datos reflejan la variabilidad en la presencia de diferentes géneros de roedores en el área de estudio a lo largo de los años evaluados.

GRÁFICO N° 21: Abundancia de mastofauna por especie por año



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: Especie

Los resultados de abundancia de mastofauna por especie para los años 2018-2022 se resumen de la siguiente manera. En 2018, se registró un individuo de la especie *cf. Akodon albiventer*. En 2019, se observó un individuo de la especie *cf. Phyllotis magister*. La

abreviatura "cf." se utiliza en taxonomía para indicar una identificación taxonómica incierta o provisional para estas especies.

En 2020, la especie más abundante fue *Auliscomys pictus*, con 4 individuos registrados. En 2021, se encontraron individuos de las especies *Auliscomys pictus*, *Thomasomys incanus* y *Neotomys ebriosus*, con 2, 2 y 1 individuos respectivamente. Finalmente, en 2022, se identificaron individuos de las especies *Auliscomys pictus*, *Thomasomys incanus*, *Neotomys ebriosus*, *Akodon juninensis* y *Abrothrix jelskii*, con 10, 1, 2, 2 y 3 individuos respectivamente. Siendo *Auliscomys pictus* la especie dominante en la taxa mamíferos.

Durante estos últimos años, el número de especies y la abundancia de mamíferos menores ha experimentado un aumento significativo en el área de estudio, pasando de una sola especie identificada en los años 2018, 2019 y 2020, a 3 especies en 2021 y a 5 especies en 2022.

4.2.5.2. Índice de Shannon (H')

CUADRO N° 61: Índice de diversidad de Shannon

AÑOS	RIQUEZA	ABUNDANCIA	ÍNDICE DE SHANNON (Con base ln)	INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD (CESEL, 2021)
2018	1	1	0.000	Baja diversidad
2019	1	1	0.000	Baja diversidad
2020	1	4	0.000	Baja diversidad
2021	3	5	1.055	Mediana diversidad
2022	5	18	1.274	Mediana diversidad

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En 2018, 2019 y 2020, el índice de Shannon fue de 0.000, lo que indica una baja diversidad en la comunidad de mamíferos menores en el área de estudio durante esos años. Es importante señalar que, según la teoría de Shannon, no se realiza un análisis de diversidad cuando solamente se registra una especie, como ocurrió en estos años. En 2021, el índice aumentó a 1.055, lo que evidencia una diversidad mediana en la comunidad de mamíferos menores. En 2022, el índice de Shannon alcanzó su punto máximo en 1.274, también indicando una diversidad mediana. Este análisis evidencia un aumento progresivo en la diversidad de mamíferos menores en el área de estudio desde 2018 hasta 2022, con los años 2021 y 2022 mostrando una diversidad moderada y con tendencia de crecimiento hacia una alta diversidad.

4.2.5.3. Índice de Simpson ($1 - \lambda$)

CUADRO N° 62: Índice de diversidad de Simpson

AÑOS	RIQUEZA	ABUNDANCIA	DIVERSIDAD	INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD (Menhinick, 1964)
2018	1	1	0.000	Diversidad baja
2019	1	1	0.000	Diversidad baja
2020	1	4	0.000	Diversidad baja
2021	3	5	0.640	Diversidad media
2022	5	18	0.636	Diversidad media

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En los años 2018, 2019 y 2020, la riqueza y la abundancia de especies de mamíferos menores en el área de estudio fueron muy

limitadas, reflejando una diversidad baja con un índice de diversidad de 0.000. En 2021, se observó un ligero aumento en la riqueza y la abundancia, con un índice de diversidad Simpson de 0.640, indicando una diversidad media. En 2022, aunque hubo un aumento en la riqueza y la abundancia, el índice de diversidad apenas varió, siendo de 0.636, lo que también indica una diversidad media. Estos resultados muestran un patrón de aumento progresivo en la diversidad de mamíferos menores en el área de estudio, pasando de una diversidad baja en los años iniciales a una diversidad media en los años posteriores.

4.2.5.4. Índice de Margalef (Dmg)

CUADRO N° 63: Índice de diversidad de Margalef

AÑOS	RIQUEZA	ABUNDANCIA	DIVERSIDAD	INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD (CESEL, 2021)
2018	1	1	0.000	Baja diversidad
2019	1	1	0.000	Baja diversidad
2020	1	4	0.000	Baja diversidad
2021	3	5	1.243	Baja diversidad
2022	5	18	1.384	Baja diversidad

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Los resultados del Índice de diversidad de Margalef para este periodo muestran lo siguiente. En 2018, 2019 y 2020, se registró una baja diversidad de mamíferos menores, con un índice de 0.000.

En 2021, la diversidad aumentó ligeramente, alcanzando un índice de 1.243, pero aún se considera baja. En 2022, se observó otro aumento en la diversidad, con un índice de 1.384, también clasificado como baja

diversidad. Aunque ha habido un progresivo aumento en la diversidad de mamíferos menores a lo largo de los años, la diversidad general sigue siendo baja en el área de estudio, aunque muestra una tendencia hacia una mayor diversidad.

4.2.5.5. Índice de Pielou (J')

CUADRO N° 64: Índice de diversidad de Pielou

AÑOS	RIQUEZA	ABUNDANCIA	DIVERSIDAD
2018	1	1	0.000
2019	1	1	0.000
2020	1	4	0.000
2021	3	5	0.960
2022	5	18	0.792

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En 2018, 2019 y 2020, la diversidad fue muy baja, con un índice de 0.000, lo que indica una comunidad de mamíferos menores dominada por una sola especie.

En 2021, se observó un leve aumento en la diversidad, con un índice de 0.960, sugiriendo una distribución más equitativa de las especies.

En 2022, la diversidad disminuyó ligeramente a un índice de 0.792, pero aún se mantiene relativamente alto en comparación con años anteriores, principalmente debido al incremento en la abundancia de la especie *Auliscomys pictus*.

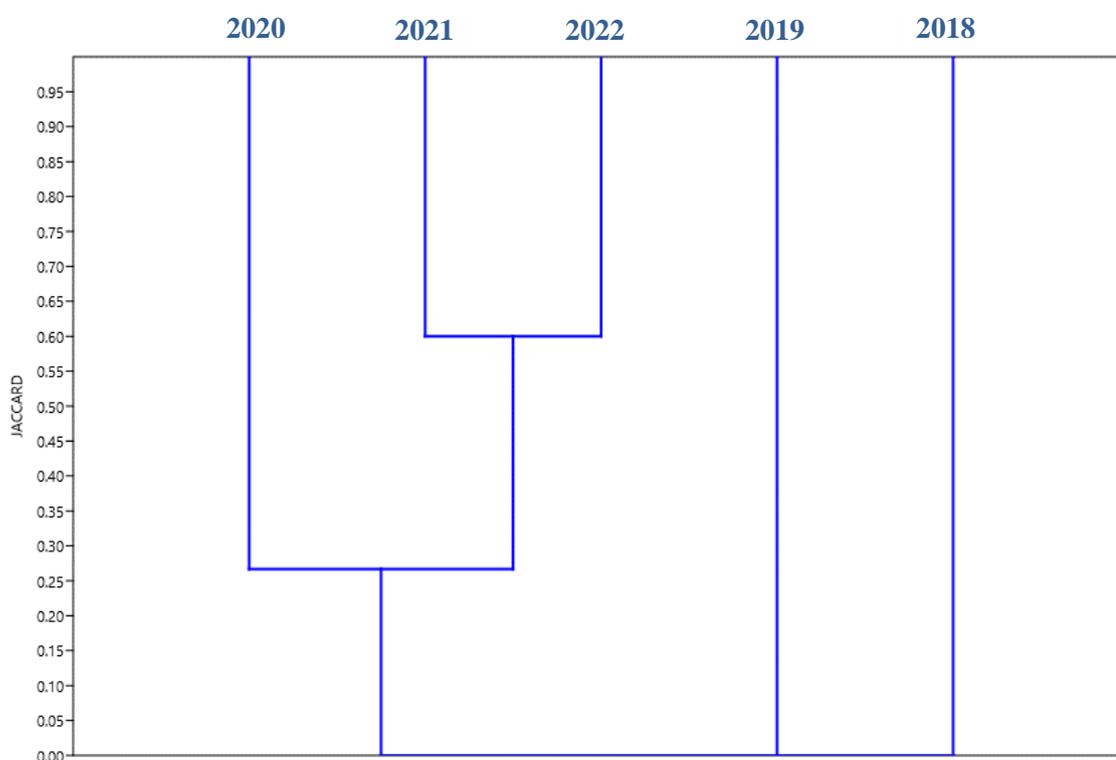
4.2.5.6. Índice de Jaccard (Ij)

CUADRO N° 65: Índice de diversidad de Jaccard

AÑOS	ÍNDICE	INTERPRETACIÓN DEL ÍNDICE DE JACCARD (SANDRO, 2014)
2018	0	Muy baja semejanza
2019	0	Muy baja semejanza
2021 - 2022	> 0.60	Alta semejanza
2020-2021-2022	> 0.25	Baja semejanza

Fuente: Elaboración propia

FIGURA N° 22: Dendrograma del índice de similitud de Jaccard



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Los resultados del Índice de Jaccard para los años 2018 y 2019 indican una semejanza muy baja entre las comunidades de mamíferos menores en esos años, debido a la presencia de especies diferentes y a la incertidumbre en la identificación taxonómica, como en el caso de la

especie *cf. Akodon albiventer*. Por otro lado, para los años 2021 y 2022, el índice muestra una alta semejanza entre las comunidades, lo que sugiere una mayor similitud en la composición de especies entre estos dos años.

En contraste, para los años 2020, 2021 y 2022, el índice indica una baja semejanza entre las comunidades, debido a la variabilidad en la composición de especies durante ese período en comparación con los años anteriores, reflejada en un valor cercano a 0.25.

4.2.5.7. Sensibilidad

CUADRO N° 66: Especies de aves Categorizadas por su Estado de Conservación a Nivel Nacional e Internacional

ESPECIE	POBLACIÓN ⁺	IUCN (2023)	IUCN*	CITES (2023)	D.S N° 004-2014-MINAGRI	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA
<i>Auliscomys pictus</i>	Estable	LC	2016	-	-	(Dunnum et.al.,2016)
<i>Thomasomys incanus</i>	Decreciente	LC	2016	-	VU	(Barriga & Pacheco, 2017)
<i>Neotomys ebriosus</i>	Estable	LC	2016	-	-	(Vargas et.al.,2016)
<i>Akodon juninensis</i>	Estable	LC	2016	-	-	(Pacheco et.al.,2016)
<i>Abrothrix jelskii</i>	Estable	LC	2016	-	-	(Jayat, 2016)

Fuente: Elaboración propia

* Evaluada por última vez para la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN

⁺Tendencia de población

Preocupación Menor (LC), Vulnerable (VU)

Interpretación

El Cuadro N° 66 presenta datos relacionados con la población y el estado de conservación de diversas especies de mamíferos, según la Lista Roja de la IUCN del año 2023, junto con su referencia bibliográfica.

A. Legislación Nacional

Según el Anexo I del Decreto Supremo N° 004 – 2014 – MINAGRI, que actualiza la lista de clasificación de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas, *Thomasomys incanus* está categorizada como especie Vulnerable (VU). Esta designación se basa

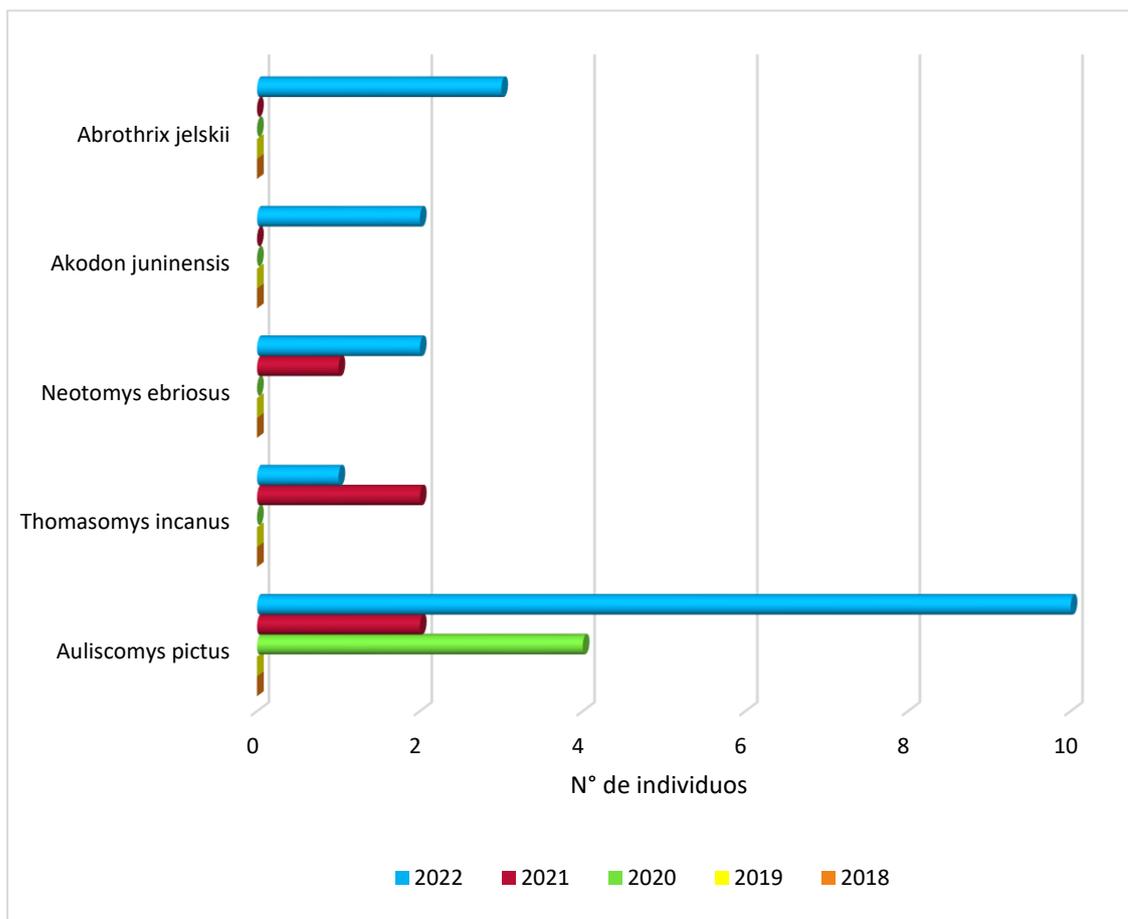
en la evidencia disponible que indica una disminución en sus poblaciones y una distribución geográfica limitada.

Se estima que el tamaño de la población es de menos de 10,000 individuos, y los análisis cuantitativos sugieren que la probabilidad de extinción en estado silvestre es de al menos un 10% dentro de un período de 100 años (MINAGRI, 2014).

De acuerdo con este Decreto, queda prohibida la caza, captura, tenencia, comercio, transporte y exportación con fines comerciales de todos los especímenes, productos y/o subproductos de la especie *Thomasomys incanus*.

B. Legislación Internacional – IUCN

GRÁFICO N° 22: Especies de categoría Preocupación Menor según en la Lista Roja de la IUCN



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Los resultados presentan la abundancia de especies enlistadas en el la Lista Roja de la IUCN con el estatus de "Preocupación Menor" (LC) para los años 2018-2022.

En 2020, *Auliscomys pictus* fue la especie más abundante con 4 individuos registrados. En 2021, *Neotomys ebriosus* fue limitada con 1 individuo, mientras que *Auliscomys pictus* y *Thomasomys incanus* registraron 2 individuos cada uno. En 2022, *Auliscomys pictus* fue la especie más abundante, seguida por *Abrothrix jelskii* con 3 individuos, *Neotomys ebriosus* (2 individuos), *Akodon juninensis* (2 individuos) y *Thomasomys incanus* con 1 individuo. Según la base de datos de la IUCN, *Thomasomys incanus* muestra una tendencia de disminución poblacional. Estos resultados brindan una perspectiva sobre la distribución y abundancia de especies catalogadas en el libro rojo de la IUCN en el área de estudio durante el período mencionado.

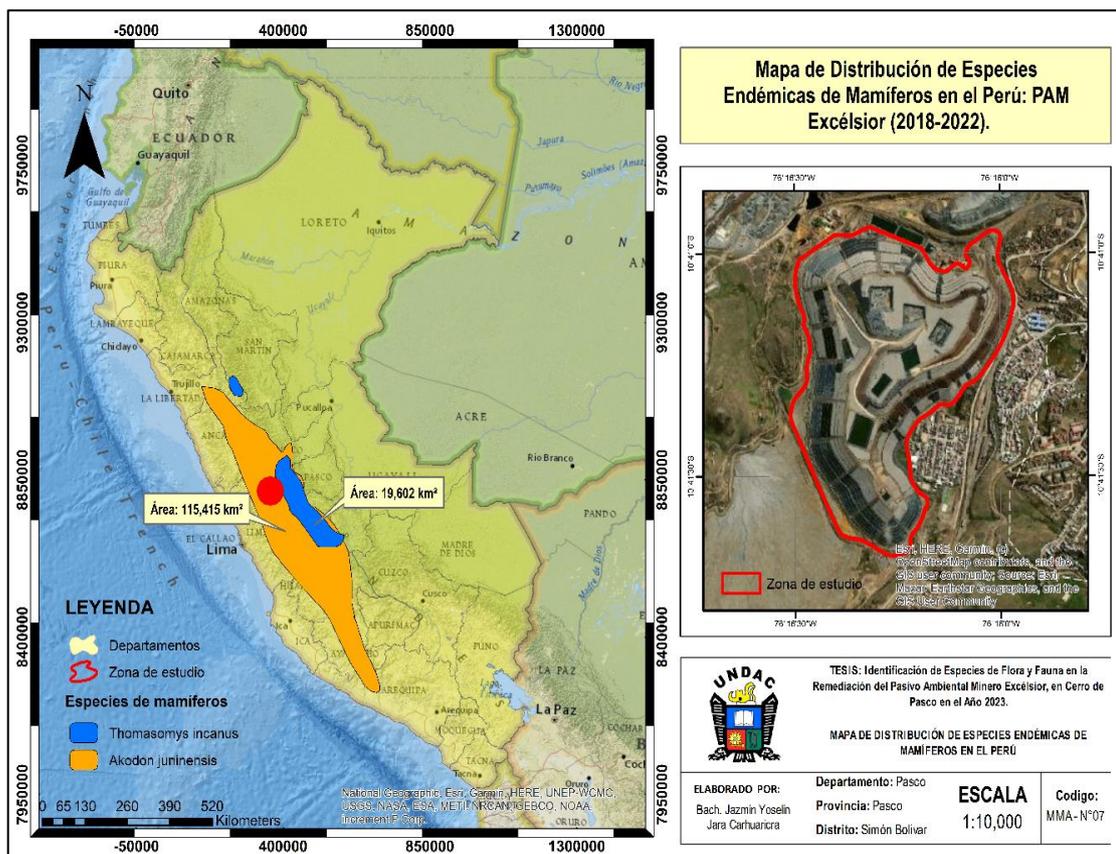
Especies de 'Preocupación Menor' Según la IUCN

➤ **Interpretación**

En la Figura N° 23 se presenta el Mapa de distribución de mastofauna con categoría de "Preocupación Menor" identificadas en la zona de estudio. La zona de estudio está simbolizada en color rojo, la zona IUCN en color naranja con franjas transparentes y la zona prioritaria IUCN en color azul. En la zona IUCN, se puede localizar a una de las 5 especies mostradas en las fotografías incluidas en el mapa, mientras que en la zona prioritaria IUCN se encuentran las especies *Auliscomys pictus*, *Abrothrix jelskii*,

4.2.5.8. Endemismo

FIGURA N° 24: Mapa de distribución de Especies Endémicas de Mamíferos en el Perú.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

Las especies de mamíferos endémicos del Perú identificadas en el área de estudio son *Akodon juninensis*, conocido como "Ratón de Pasto de Junín", y *Thomasomys incanus*, denominado "Ratón montaraz incaico". *Akodon juninensis* fue registrada por primera vez en el área de estudio en 2022, mientras que *Thomasomys incanus* fue avistado en 2021 con dos individuos, reduciéndose su población a un solo individuo en 2022.

La especie *Thomasomys incanus* "Ratón montaraz incaico", se encuentra en un área estimada de 19,602 km² (Figura N° 24) en la región Yunga y Puna, entre 2,550 y 3,250 m de altitud, en los departamentos de

San Martín, Huánuco, Pasco y Junín. La mayor amenaza a esta especie es la fragmentación de hábitat. Una población se encuentra en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén.

Y la especie *Akodon juninensis* habita en los pastizales de Puna, distribuyéndose en las laderas oriental y occidental de los Andes, a altitudes superiores a los 2700 m.s.n.m. desde el centro de Perú hacia el sur a lo largo de las laderas occidentales hasta el Departamento de Huancavelica, Ayacucho y Arequipa. Su distribución se extiende por un área estimada de 115,415 km² (Figura N° 24).

4.2.6. Herpetofauna

4.2.6.1. Composición, riqueza y abundancia

Durante los años 2018-2020, no se registraron especies de anfibios ni reptiles en el área de estudio.

CUADRO N° 67: Composición taxonómica de especies de herpetofauna registradas en la zona de estudio (2021 - 2022)

ESPECIES DE HERPETOFAUNA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2021							
N°	REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Animalia	Chordata	Reptilia	Squamata	Liolaemidae	Liolaemus	<i>Liolaemus walkeri</i>
ESPECIES DE HERPETOFAUNA REGISTRADA EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN EL AÑO 2022							
N°	REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
1	Animalia	Chordata	Reptilia	Squamata	Liolaemidae	Liolaemus	<i>Liolaemus walkeri</i>
2	Animalia	Chordata	Amphibia	Anura	Bufonidae	Rhinella	<i>Rhinella spinulosa</i>

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 68: Riqueza de herpetofauna en el área de estudio (2018 – 2022)

Clase	2018		2019		2020		2021		2022	
	Riqueza	%	Riqueza	%	Riqueza	%	Riqueza	%	Riqueza	%
Reptilia	0	0	0	0	0	0	1	100	1	50
Amphibia	0	0	0	0	0	0	0	0	1	50
TOTAL	0	0	0	0	0	0	1	100	2	100

Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En el Cuadro N° 67 se detalla la clasificación taxonómica de las especies de herpetofauna registradas en el área de estudio. Se identificaron dos clases: la clase Reptilia, con una única especie registrada en los años 2021 y 2022, y la clase Amphibia, registrada únicamente en 2022.

A. Estimación de la riqueza y abundancia en los años 2021 al 2022

CUADRO N° 69: Riqueza y abundancia de especies de herpetofauna en el año 2021

N°	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	<i>Liolaemus walkeri</i>	lagartija	0	1	1	100.00
Total			0	1	1	100.00

Fuente: Elaboración propia

CUADRO N° 70: Riqueza y abundancia de especies de herpetofauna en el año 2022

N°	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PMB-01	PMB-02	TOTAL	Pi %
1	<i>Liolaemus walkeri</i>	lagartija	1	0	1	7.14
2	<i>Rhinella spinulosa</i>	Sapo espinoso	0	13	13	92.86
Total			1	13	14	100.00

Fuente: Elaboración propia

➤ Interpretación

Durante el año 2021, se registró únicamente la presencia de una especie de reptil, *Liolaemus walkeri*, conocida como "lagartija".

Esta especie pertenece a la familia Liolaemidae y está clasificada en el orden Squamata. En el año 2022, se constató la presencia de dos especies, una perteneciente a la clase Reptilia y otra a la clase Amphibia. En cuanto a la abundancia de individuos, se contabilizaron un total de 2 especies, pertenecientes a dos familias y órdenes distintos. Se registraron 14 individuos en total, destacando la especie *Rhinella spinulosa* como la más abundante, con la presencia de 13 individuos, lo que equivale al 92.86% del total de individuos registrados. Por otro lado, la especie *Liolaemus walkeri* presenta una abundancia relativa del 7.14%.

B. Categorización de abundancia de especies de herpetofauna 2018-2022

CUADRO N° 71: Resumen del parámetro de abundancia de especies (2018 – 2022)

DIVERSIDAD	RANGO DE ABUNDANCIA	NÚMERO DE ESPECIES				
		2018	2019	2020	2021	2022
Muy raro	<5	0	0	0	1	1
Raro	5 - 15	0	0	0	0	1
Escaso	15 - 30	0	0	0	0	0
Abundante	30 - 100	0	0	0	0	0
Muy abundante	> 100	0	0	0	0	0
Total		0	0	0	1	2

Fuente: Elaboración propia

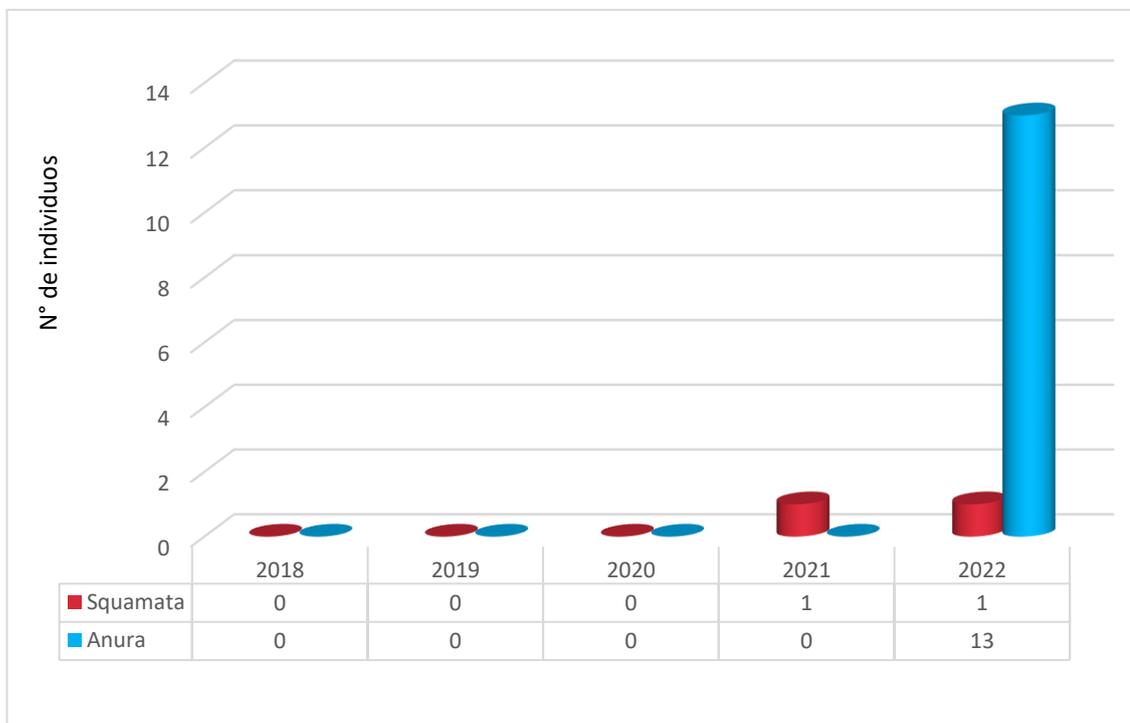
➤ Interpretación

En los años 2018, 2019 y 2020, no se registró ninguna especie de herpetofauna en el área de estudio. Sin embargo, en 2021, se identificó una especie de reptil con una abundancia considerada como "Muy rara", con menos de 5 individuos. En 2022, se observó una especie de reptil y otra de anfibio, ambas con una abundancia

baja, la primera clasificada como "Muy rara" y la segunda como "Rara", con individuos entre 5 y 15. Estos resultados indican una limitada presencia de herpetofauna en años anteriores, con una ligera mejora en la diversidad en los últimos dos años. La aparición de estas especies sugiere una recuperación del área, aunque aún se encuentra en un estado incipiente.

C. Abundancia de herpetofauna por Orden Taxonómico (2018 – 2022)

GRÁFICO N° 23: Abundancia de herpetofauna por Orden Taxonómico por año



Fuente: Elaboración propia

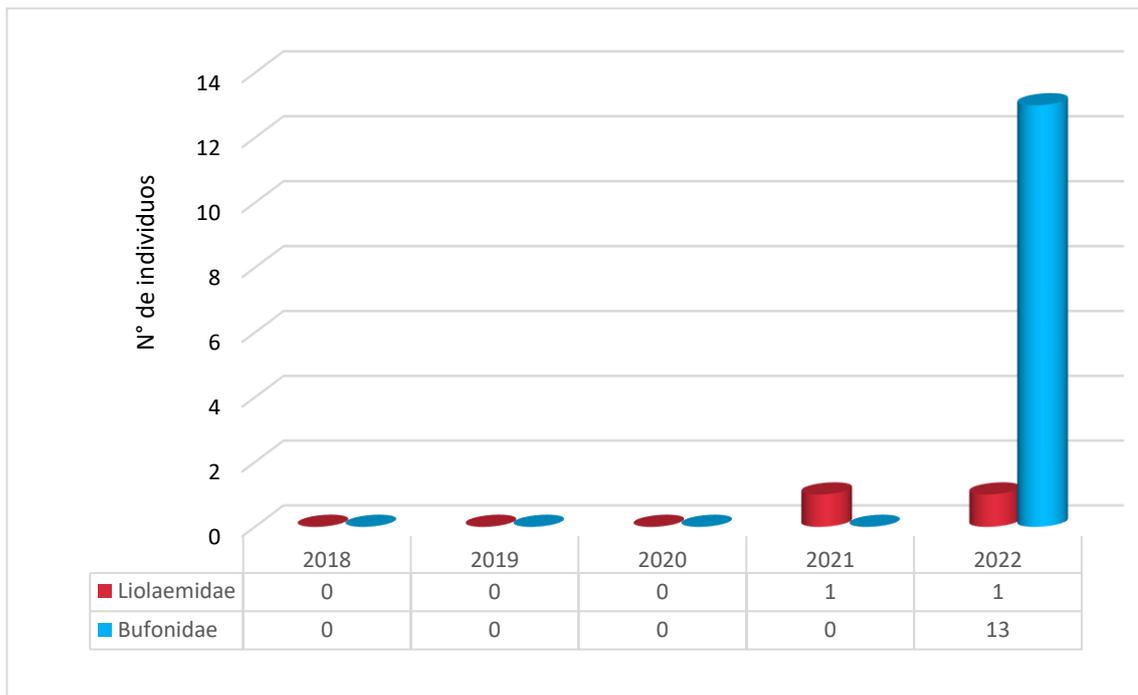
Interpretación

Durante el período de estudio (2018-2022), se identificaron dos órdenes de herpetofauna en el área investigada. Los años 2018, 2019 y 2020 no registraron especies para ninguno de los órdenes. Sin embargo, en 2021, se documentó la presencia de una especie del orden Squamata (reptiles). En 2022, se observó la presencia de una especie

del orden Anura (anfibios) y otra especie del orden Squamata, con 13 y 1 individuo respectivamente.

D. Abundancia de herpetofauna por familia Taxonómica (2018 – 2022)

GRÁFICO N° 24: Abundancia de herpetofauna por familia taxonómica



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

En el área de estudio, se identificaron un total de dos familias de herpetofauna: Liolaemidae y Bufonidae. La familia Liolaemidae fue registrada por primera vez en 2021, manteniendo su abundancia con un individuo en 2022. Por otro lado, la familia Bufonidae fue registrada en 2022, con una población de 13 individuos.

E. Abundancia de herpetofauna por genero taxonómico y especie (2018 – 2022)

Durante el período comprendido entre los años 2018 y 2020, no se ha documentado la presencia de especies pertenecientes a los

taxones de anfibios y reptiles en la zona de remediación del PAM Excélsior. Esta carencia de este grupo taxonómico se atribuye al impacto derivado del pasivo ambiental minero, el cual ha generado un desequilibrio en la capacidad de movilidad y supervivencia de dichas especies. Sin embargo, durante este período de evaluación se logró identificar un total de dos géneros: **Liolaemus** y **Rhinella**, lo que resultó en el registro de dos especies diferentes.

La especie *Liolaemus walkeri*, conocida como Lagartija, perteneciente al género *Liolaemus*, fue registrada por primera vez en el área en 2021 con un individuo, manteniendo su abundancia similar en 2022. Por otro lado, la especie *Rhinella spinulosa* (Sapo espinoso), perteneciente al género *Rhinella*, fue registrada por primera vez en 2022, con un total de 13 individuos. Este resultado constituye un indicador positivo de que la zona de PAM Excélsior, afectada por el depósito mineral expuesto, está siendo remediada efectivamente.

Es importante destacar que los anfibios son ampliamente reconocidos como especies bioindicadores de la calidad ambiental y desempeñan funciones vitales en los ecosistemas acuáticos y terrestres. Su capacidad de respirar a través de la piel, conocida como respiración cutánea, los hace particularmente sensibles a cambios ambientales, como variaciones en la temperatura y contaminación ambiental. Este intercambio gaseoso cutáneo los posiciona como indicadores sensibles de la calidad del hábitat. Por lo tanto, la presencia o ausencia de ciertas especies de anfibios es un indicativo directo de la salud del ecosistema local.

4.2.6.2. Índice de diversidad biológica y Jaccard

El análisis de diversidad, que abarca la evaluación de índices como Shannon (H'), el índice de Simpson (1-λ), el índice de Margalef (Dmg), el índice de Pielou (J') y el índice de Jaccard (Ij), no pudo llevarse a cabo debido a la restricción en la riqueza de especies de herpetofauna en el área de estudio. Con solo dos especies registradas durante los cinco años de evaluación, se obtuvo un índice de 0.00 para el índice de Shannon-Wiener H'. Además, la limitación en la diversidad de especies impide la determinación de los índices de Simpson, Margalef, Pielou y Jaccard, lo que evidencia una escasez de datos para un análisis detallado de la diversidad y similitud de especies en el ecosistema estudiado.

4.2.6.3. Sensibilidad

CUADRO N° 72: Especies de herpetofauna Categorizadas por su Estado de Conservación a Nivel Nacional e Internacional

ESPECIE	POBLACIÓN ⁺	IUCN (2023)	IUCN*	CITES (2023)	D.S N° 004-2014-MINAGRI	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA
<i>Liolaemus walkeri</i>	Desconocido	NT	2014	-	-	(Aguilar et.al., 2017)
<i>Rhinella spinulosa</i>	Desconocido	LC	2017	-	-	(IUCN SSC, 2020)

Fuente: Elaboración propia

* Evaluada por última vez para la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN

⁺Tendencia de población

Preocupación Menor (LC), Amenazado (NT).

Las dos especies identificadas en la zona de estudio están clasificadas bajo categorías de conservación según la Lista Roja de la IUCN del 2023. Para mayor detalle, consulte la referencia bibliográfica correspondiente en el Cuadro N° 72.

A. Legislación Nacional

Según la categorización establecida por el Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI para Especies Amenazadas de Fauna Silvestre,

ninguna de las especies de herpetofauna observadas en campo han sido asignadas a una categoría específica de amenaza.

B. Legislación Internacional - IUCN

Las dos especies de herpetofauna están enlistadas en la Lista Roja de la IUCN. La especie *Liolaemus walkeri* se encuentra en la categoría de Casi Amenazada (NT), lo que indica que no cumple actualmente con los criterios para ser considerada En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerable, pero podría satisfacer estos criterios en el futuro cercano. La especie *Rhinella spinulosa* se encuentra en la categoría de Preocupación Menor (LC), lo que sugiere que no enfrenta un riesgo significativo de extinción en los próximos años. En 2021, se registró una especie clasificada como NT, y en 2022, se registraron dos especies, una clasificada como NT y la otra como LC.

Especies de 'Preocupación Menor' Según la IUCN

➤ Interpretación

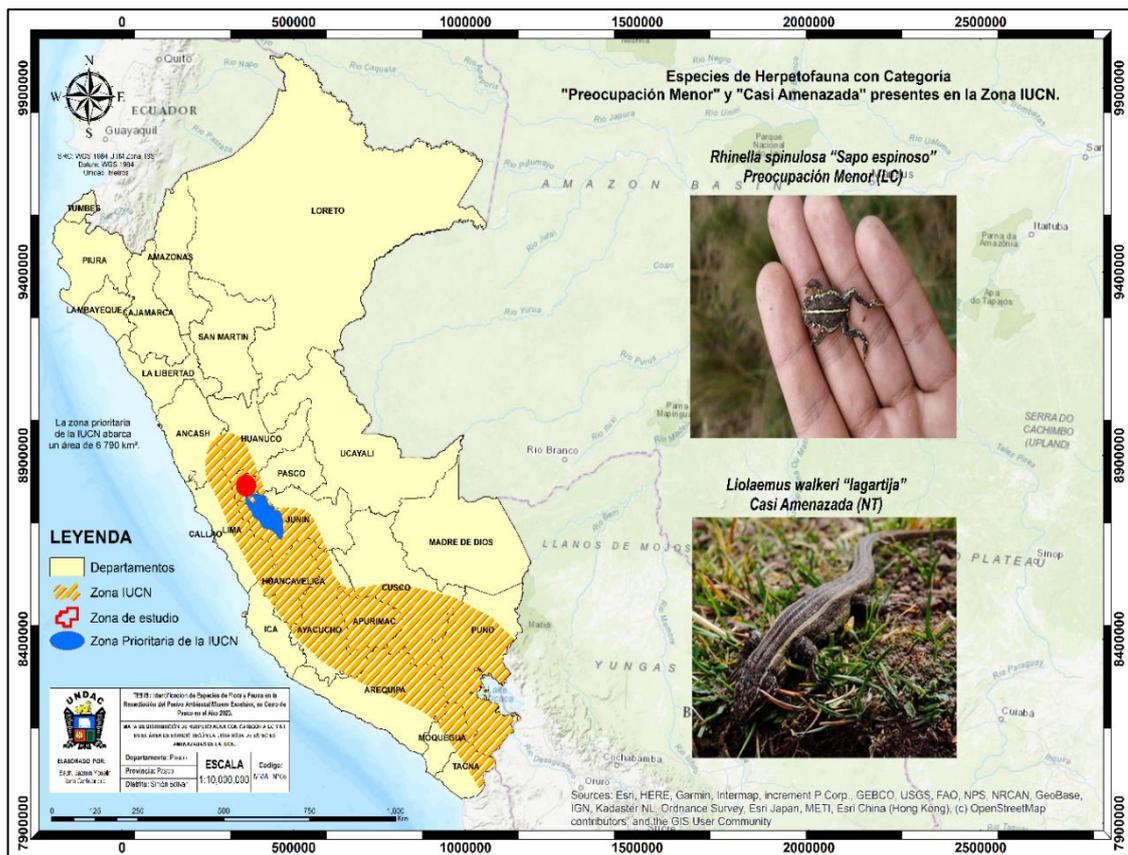
En la Figura N° 25 se muestra el Mapa de distribución de herpetofauna con categorías de conservación de "Preocupación Menor" y "Casi Amenazada" en el área de estudio, de acuerdo con la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN.

La zona de estudio está representada en color rojo, mientras que la zona IUCN se presenta en color naranja con franjas transparentes y la Zona prioritaria IUCN en azul.

La mayor parte de la zona IUCN alberga principalmente a la especie *Rhinella spinulosa*, con la posibilidad de encontrar también a la especie *Liolaemus walkeri*. Por otro lado, la Zona

prioritaria IUCN incluye ambas especies de herpetofauna, con un área de extensión total de 6,790 km², que también abarca la zona de estudio. Además, este mapa muestra la distribución geográfica de las especies con el propósito de conservación y protección herpetofaunística.

FIGURA N° 25: Mapa de distribución de herpetofauna con categoría de "Preocupación Menor" y "Casi Amenazada" en el área de estudio según la Lista Roja de Especies Amenazadas de la IUCN.



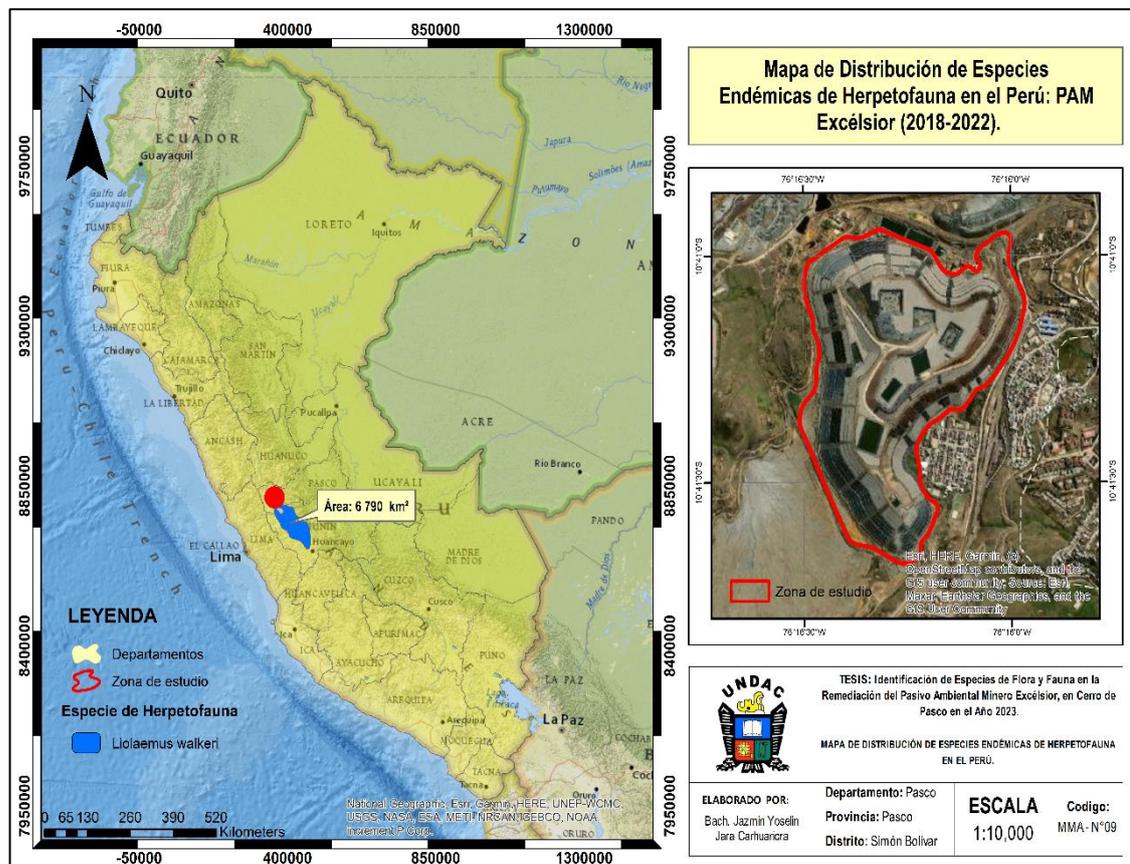
Fuente: Elaboración propia

C. Legislación Internacional – CITES

Las especies de herpetofauna registradas no han sido incluidas en los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) 2023, lo que implica que no están sujetos a restricciones comerciales internacionales bajo esta convención.

4.2.6.4. Endemismo

FIGURA N° 26: Mapa de distribución de Especies Endémicas de herpetofauna en el Perú.



Fuente: Elaboración propia

Interpretación

La especie *Liolaemus walkeri*, conocida como Lagartija, es endémica del Perú y se encuentra específicamente en las regiones de Junín y Pasco, ubicadas en los Andes centrales del país, a altitudes que varían entre los 3,963 y 4,311 metros sobre el nivel del mar. Su hábitat se concentra principalmente en áreas de Puna, donde se ha observado su presencia bajo rocas. La extensión de su hábitat abarca aproximadamente 6,790 km².

Esta lagartija es vivípara y se enfrenta a diversas amenazas, como la sobreexplotación para fines de medicina alternativa, el crecimiento urbano y las actividades mineras. Estas últimas pueden representar un

riesgo para la salud de la especie debido a la contaminación del agua, el suelo y el aire. Además, el calentamiento global plantea una preocupación adicional, ya que *Liolaemus walkeri* requiere temperaturas más bajas para el desarrollo de sus embriones, lo que podría verse afectado por el aumento de la temperatura corporal de las hembras.

Actualmente, no existen medidas de conservación específicas para esta especie. Sin embargo, su conservación se beneficiaría significativamente de una mejor recopilación de información sobre su distribución, abundancia, tendencia poblacional y estudios evolutivos. Además, es esencial promover la educación y la conciencia pública para reducir el uso de la especie para fines alternativos y mitigar las amenazas que enfrenta en su hábitat natural.

4.3. Prueba de Hipótesis

4.3.1. Presentación de resultados

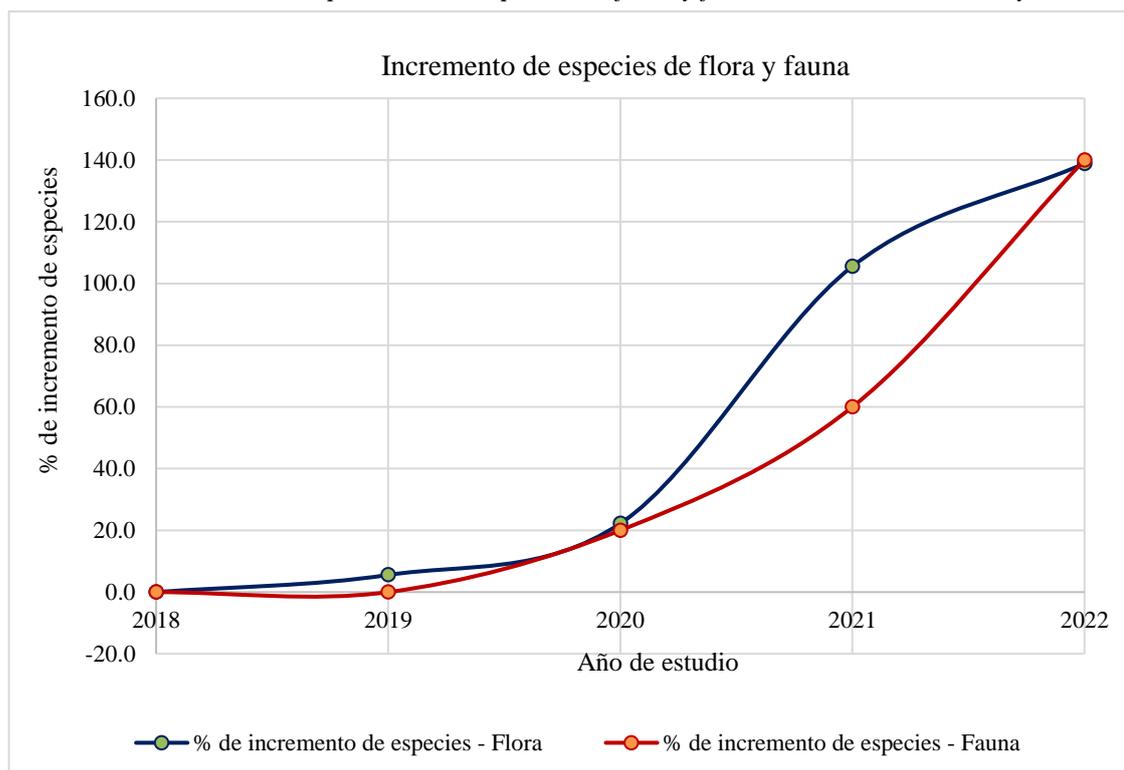
CUADRO N° 73: Abundancia de Especies IUCN Vs Especies de Flora y Fauna

Año	Flora			Fauna		
	Remediación del PAM Excélsior (abundancia de especies - IUCN)	N° especies	% de incremento de especies - Flora	Remediación del PAM Excélsior (abundancia de especies - IUCN)	N° especies	% de incremento de especies - Fauna
2018*	11	18	0.0	55	10	0.00
2019	13	19	5.6	77	10	0.00
2020	21	22	22.2	107	12	20.00
2021	13	37	105.6	292	16	60.00
2022	99	43	138.9	680	24	140.00

* El 2018 es considerado como año base

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO N° 25: Comparación de especies de flora y fauna entre los años 2018 y 2022



Fuente: elaboración propia

Los datos a ser analizados para la prueba de hipótesis estadística comprenden la Remediación del Pasivo Ambiental Minero (PAM) Excélsior, evaluada en términos de la abundancia de especies según la clasificación de la IUCN, siendo esta la variable independiente. La variable dependiente se define como el recuento total de especies de flora y fauna identificadas a partir del año 2018, según lo especificado en el Cuadro N° 73. De acuerdo con el análisis del Gráfico N° 25, se evidencia un incremento exponencial en la diversidad de especies de flora y fauna a partir del año 2020.

Según la Curva S de las valorizaciones de la entidad ejecutora, en 2020 se alcanzó un avance de remediación del 85.51% y se completó la impermeabilización total del Depósito de Desmontes Excélsior. Estos logros marcaron un punto de inflexión biológico en la zona de estudio, lo que se reflejó en un aumento notable en la riqueza y abundancia de especies en los años

posteriores. Además, se resalta una correlación temporal entre la aparición de nuevas especies de flora y la consiguiente aparición de especies de fauna.

4.3.2. Contraste de la Hipótesis General

Se busca comprobar y validar la hipótesis de que la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior guarda una relación significativa con la identificación de especies de flora y fauna.

a) Planteamiento de la hipótesis

Hipótesis Nula:

$$H_0: \rho=0$$

No existe correlación entre la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior y la identificación de especies de flora y fauna.

Hipótesis Alternativa:

$$H_1: \rho \neq 0$$

Existe correlación entre la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior y la identificación de especies de flora y fauna.

b) Tipo de prueba

Realizamos un test de normalidad para determinar y seleccionar la prueba estadística adecuada a utilizar.

CUADRO N° 74: Prueba de normalidad de Shapiro-Wilk

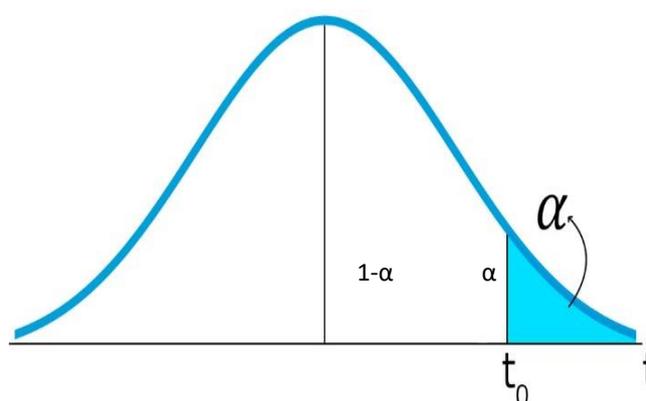
	Abundancia de especies - IUCN (Flora)	% de incremento de especies -Flora	Abundancia de especies - IUCN (Fauna)	% de incremento de especies - Fauna
N	5	5	5	5
Media	31.4	54.5	242	44
Desviación estándar	38	63.5	262	59
W de Shapiro-Wilk	0.633	0.84	0.795	0.831
Valor p de Shapiro-Wilk	0.052	0.166	0.073	0.141

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el Cuadro N° 74, en todos los casos el valor p es mayor a 0.05, lo que indica que las variables presentan normalidad. Por lo tanto, procederemos a utilizar la prueba estadística paramétrica r de Pearson.

- c) Si tenemos un nivel de confianza del 95% entonces el nivel de significancia es del 5% ($\alpha = 0.05$), con un tamaño de muestra de $n = 5$ años consecutivos.

GRÁFICO N° 26: Región de aceptación y rechazo unilateral de cola derecha



- d) Para la evaluación estadística, se empleó el software libre Jamovi.

CUADRO N° 75: Medidas de ajuste del modelo

Especie	Modelo	r	r ²
Flora	1	0.737	0.543
Fauna	2	0.996	0.991

Fuente: elaboración propia

CUADRO N° 76: Valores de significado de r de Pearson

r	Interpretación
De ± 0.1 a ± 0.24	Correlación muy débil
De ± 0.25 a ± 0.49	Correlación débil
De ± 0.50 a ± 0.74	Correlación media
De ± 0.75 a ± 0.89	Correlación considerable
De ± 0.90 a ± 0.99	Correlación muy fuerte
+1	Perfecta positiva
-1	Perfecta negativa
-0.09 a 0.09	Correlación nula

Fuente: Hernández (2014)

Observamos en el Cuadro N° 75 que, en el modelo 1 correspondiente a la flora, el coeficiente de correlación (r) es de 0.737. Comparándolo con el Cuadro N° 76, presenta una correlación media, el cual se puede corroborar con el Cuadro N° 73, donde se observa que la abundancia de especies de flora según la clasificación de la IUCN disminuye en el 2021 y aumenta exponencialmente en 2022, mientras que el número total de especies aumenta progresivamente cada año.

En cuanto a la fauna, en el modelo 2, el valor de r es de 0.996, lo que indica una correlación muy fuerte.

CUADRO N° 77: Coeficientes del modelo por número de especies totales

Tipo	Modelo	Predictor	Estimador	EE	t	p
Flora	1	Constante	20.834	5.432	3.84	0.031
		Abundancia de especies - IUCN (Flora)	0.222	0.117	1.89	0.155
Fauna	2	Constante	8.9722	0.40745	22	< .001
		Abundancia de especies - IUCN (Fauna)	0.0224	0.00121	18.5	< .001

Fuente: elaboración propia.

e) **Conclusiones:** Utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$ unilateral y la prueba paramétrica r de Pearson, se obtiene un valor de p de 0.155 para el modelo 1 (Flora), el cual es mayor que 0.05. Por lo tanto, se encuentra en la región de aceptación de la hipótesis nula (H_0), lo que nos lleva a afirmar que no existe una correlación entre la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior y la identificación de especies de flora. Esto se confirma al visualizar el Cuadro N° 73, donde se evidencia una disminución en el número de especies IUCN en el año 2021, lo que posiblemente refleje una actividad intensiva de remediación en ese periodo, aunque el total de especies de flora continúa aumentando de manera significativa en la zona afectada.

En cuanto a las especies de fauna, para el modelo 2, el valor de p obtenido es menor que 0.05, lo que indica que está ubicado en la región de rechazo de la hipótesis nula (H0). Por lo tanto, afirmamos que existe correlación entre la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior y la identificación de especies de fauna (ornitofauna, mastofauna y herpetofauna).

4.4. Discusión de resultados

Es importante resaltar que este estudio se llevó a cabo durante el período comprendido entre 2018 y 2022, con una ausencia de datos para el año 2023. En dicho año, el avance en la remediación del PAM Excélsior había superado el 89 % y no se realizó monitoreos biológicos de flora y fauna en la zona de estudio. Esta limitación condicionó la investigación a evaluar la efectividad de la remediación utilizando la flora y fauna como bioindicadores, hasta alcanzar aproximadamente el 89 % de avance de remediación. A pesar de esta limitación, el análisis de datos recopilados durante los cinco años de estudio (2018-2022) revela un incremento notable en la riqueza, abundancia e índices de diversidad en comparación con el estado inicial de la remediación.

En cuanto a la diversidad florística, el número de especies encontradas en la zona de estudio representó aproximadamente el 0.33 % de las 20,533 especies de flora vascular y avascular presentes en el Perú (MINAM, 2019), el 0.21 % de las 463 especies endémicas de la Región Pasco (León et al., 2006), el 0.006 % de las 157,100 especies evaluadas en la Lista Roja de la IUCN (IUCN, 2023), y el 0.26 % de las 777 especies amenazadas de flora silvestre en el Perú (D.S. N° 043 -2006- AG).

En relación con la fauna, se evaluaron tres taxones: ornitofauna, mastofauna, y herpetofauna (anfibios y reptiles). El número de especies de

ornitofauna encontradas en la zona de estudio equivalió aproximadamente al 1.15 % de las 1,834 especies de aves presentes en el Perú (CONCYTEC, 2016) y al 0.10 % de las 18,852 especies de aves evaluadas en la Lista Roja de la IUCN (IUCN, 2023). Las especies de mastofauna encontradas representaron el 1.22 % de las 573 especies de mamíferos (Pacheco et al., 2021), el 0.19 % de las especies amenazadas de fauna silvestre en el Perú (DS N° 004- 2014-MINAGRI), el 0.012 % de las 40,846 especies de mamíferos evaluadas en la Lista Roja de la IUCN (IUCN, 2023) y el 1.22 % de las 82 especies de mamíferos endémicos del Perú (Pacheco et al., 2021). Las especies de anfibios y reptiles encontradas representaron el 0.19 % de las 538 especies de anfibios registradas para el territorio peruano (Aguilar et al., 2010), el 0.002 % de las 64,411 especies de anfibios evaluadas en la Lista Roja de la UICN (UICN,2023), el 0.21 % de las 469 especies de reptiles reportadas en el territorio peruano (CBIF, 2021), el 0.003 % de las 32,991 especies de reptiles evaluadas en la Lista Roja de la IUCN (IUCN, 2023) y una especie de reptil endémica presente en el centro del Perú.

La carencia de datos biológicos previos a la acumulación de los desmontes provenientes del tajo abierto Raúl Rojas en la zona de estudio impidió la comparación de los resultados de la diversidad de flora y fauna. La existencia de estos datos habría permitido evaluar si las especies identificadas durante los cinco años de evaluación coincidían con las autóctonas en la zona. En consecuencia, esta investigación constituye la primera base de datos de especies biológicas presentes en la zona de estudio, y servirá para futuras investigaciones llevadas a cabo en pasivos ambientales mineros en años venideros.

En la actualidad, en el área de remediación se están llevando a cabo los trabajos de revegetación del depósito de desmontes de los sectores 2 y 3, con el

propósito de prevenir la erosión eólica, mitigar la generación de aguas ácidas y restituir el paisaje. La fase final de revegetación implica la aplicación de capas de tierra agrícola y piedra chancada, las cuales brindan el soporte físico y bioquímico necesario para el desarrollo de las especies vegetales seleccionadas para la revegetación de los taludes y la plataforma del depósito de desmontes. Estas especies incluyen *Festuca sp.*, *Calamagrostis sp.*, y *Lupinus sp.* La siembra de *Festuca sp.* y *Lupinus sp.* se realiza a través de semillas, mientras que para *Calamagrostis sp.* se utilizan esquejes o macollos, obtenidos de canteras de material vegetativo previamente seleccionado por la entidad ejecutora. De estas especies vegetales que se están implantando en los taludes y plataformas de la zona de remediación, cinco especies fueron identificadas de forma natural en el área durante el periodo de evaluación: *Festuca dolichophylla*, *Calamagrostis brevifolia*, *Calamagrostis heterophylla*, *Calamagrostis rigescens* y *Calamagrostis vicunarum*, mostrando una abundancia significativa en el área de estudio. Hasta el momento, no se ha registrado la presencia de la especie *Lupinus sp.*, aunque es probable que se establezca naturalmente en el área de estudio, ya que también se encuentra presente en coberturas de tipo Pajonal Andino.

La especie *Festuca dolichophylla* fue registrada por primera vez en el año 2022 en el sector 1 del depósito de desmontes Excélsior, al frente del Asentamiento Humano de Champamarca. Esta área fue priorizada para su remediación con el objetivo de evitar el desplazamiento de bolonerías y garantizar la seguridad de la población y las condiciones ambientales. La revegetación en esta zona se llevó a cabo durante el año 2021, y es probable que las semillas se hayan dispersado hacia la zona de influencia del proyecto, lo que llevó a su inclusión en el inventario de la diversidad florística de la zona en 2022.

En los últimos años, se ha observado la presencia continua de aves terrestres y acuáticas en la zona de estudio. Las aves acuáticas han sido avistadas en las pozas ubicadas en las plataformas superiores del depósito de desmontes. Estas pozas están diseñadas para contribuir a la estabilidad hidrológica y forman parte de la estrategia de almacenamiento y distribución de agua para el riego durante la temporada de estiaje. Entre las especies avistadas se encuentran las gaviotas andinas y diversas especies de aves que sobrevuelan y se establecen en el área de remediación. Esto se debe a la presencia de una vegetación que les proporciona alimentos, refugios y sitios de anidación.

Además, se han registrado especies de herpetofauna en el área de estudio, un grupo taxonómico sensible a los cambios ambientales y considerado como un bioindicador ambiental. Se ha observado que cuanto mayor es la riqueza de anfibios y reptiles, mayor es la riqueza de otros grupos taxonómicos. De acuerdo con Vargas (2015), estos animales tienden a habitar en formaciones herbáceas dominadas por los generos *Stipa*, *Festuca*, *Jarava* y *Calamagrostis*, conocidas localmente como ichu. Este patrón se verifica en el caso de la remediación del PAM Excélsior, donde en el año 2022 se registraron 21 individuos del género *Stipa*, 35 de *Festuca*, 14 de *Jarava* y 288 de *Calamagrostis*, así como 14 individuos de reptiles y anfibios.

Por otra parte, la población de la mastofauna también ha experimentado un incremento significativo en su abundancia y riqueza en la zona de estudio. Este aumento se atribuye al incremento de la cobertura vegetal en el área, que anteriormente estaba compuesta principalmente por material mineralógico. Esta transformación ha proporcionado un hábitat adecuado para que los mamíferos se alimenten de semillas, flores, raíces e insectos. Además, los pastizales también

les sirven como zonas de refugio y sitios de reproducción, brindándoles facilidades para construir sus madrigueras.

Todos estos resultados muestran un aumento significativo en la diversidad de especies, géneros, familias, órdenes y clases, a pesar de que el monitoreo biológico de la diversidad florística y faunística en el área de estudio se llevó a cabo únicamente una vez al año. Se destaca que lo recomendable por los expertos es realizar este monitoreo dos veces al año, durante la época seca y la época húmeda, dado que las especies pueden variar según la estación. Es importante resaltar que todas las especies reportadas en la zona de estudio, tanto de flora como de fauna, son características de la cobertura vegetal de tipo pajonal andino. Esto abre la posibilidad de reclasificar el tipo de cobertura vegetal en la zona, pasando de la categoría previa de Centro Minero (Mi) a Pajonal Andino (Pj), según la última actualización del Mapa Nacional de Cobertura Vegetal. Además, se observa una buena representación de especies con categoría de amenazada y endémica, las cuales están consideradas en la normativa ambiental tanto a nivel nacional como internacional.

El análisis de la prueba de hipótesis revela que no hay una correlación entre la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior y la identificación de especies de flora, a pesar de que el coeficiente de correlación de Pearson muestra una correlación media. En contraste, se confirma una correlación positiva entre la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior y la identificación de especies de fauna, incluyendo ornitofauna, mastofauna y herpetofauna.

La ausencia de correlación entre las especies de flora y la remediación se atribuye a las actividades en curso dentro del proyecto. Estas actividades implican la movilización de vehículos y equipos pesados que transportan materiales como

top Soil, piedra chancada, afirmado, geosintéticos y otros materiales, lo que resulta en polución y compactación del suelo. Además, el tránsito del personal por el área de remediación y los trabajos de ajuste dentro del proyecto también contribuyen a que los efectos de la remediación en la flora no sean tan visibles de manera inmediata.

Es probable que el efecto de la remediación en la flora sea más evidente y correlacionado una vez que el proyecto alcance su avance del 100%. Este fenómeno guarda similitud con el patrón analizado del incremento de la concentración de CO₂ en el planeta, donde los efectos en la temperatura terrestre tardan en manifestarse y se vuelven más visibles en los años posteriores. Se espera que la estabilización y el crecimiento de la población de flora en respuesta a la remediación sean más perceptibles en los años siguientes a la finalización del proyecto y no necesariamente están alineados con el porcentaje de avance de la ejecución. Esto se debe a que se observa una fluctuación en la abundancia de las especies de flora como resultado de la estabilización dentro de la zona de estudio. Por lo tanto, es posible que los resultados obtenidos en 2021 y 2022 se deban al avance de remediación desde 2018 hasta 2020, periodo en el cual se había alcanzado un avance del 85.51%. Se registra un aumento significativo en la riqueza, abundancia e índices de diversidad vegetal, lo que se correlaciona con un incremento notable de las especies de fauna, como se describe anteriormente.

Durante el periodo 2023 – 2024, la ausencia de datos biológicos de flora y fauna en la zona de estudio abre la posibilidad de realizar más investigaciones de seguimiento y continuidad hasta la etapa final de remediación (100 % de avance). Esto es esencial para obtener resultados más precisos y confiables que respalden la sostenibilidad en la zona de remediación.

CONCLUSIONES

En conclusión, la investigación realizada en el área de Remediación de Pasivo Ambiental Minero Excélsior ha revelado una biodiversidad notable de flora, con la identificación de **67 especies botánicas** pertenecientes a **3 clases, 14 órdenes** y **20 familias**. Estas familias comprenden un total de **52 géneros**. Durante el periodo de estudio de **2018 a 2022**, se observó un aumento significativo tanto en la diversidad como en la abundancia de especies, indicando una recuperación y estabilidad del ecosistema. La presencia de 9 especies amenazadas con categoría de Preocupación Menor (LC) según la Lista Roja de la IUCN, 2 especies amenazadas según el D.S. 043-2006-AG, y la especie endémica del Perú, *Senecio collinus*, resaltan la importancia de continuar con las medidas de conservación y considerar la reclasificación de la cobertura vegetal de la zona para una protección más efectiva. Los parámetros biológicos evaluados reflejan una diversidad que varía de alta a mediana con una tendencia de crecimiento y apunta hacia una recuperación paisajística del lugar, aunque los cambios en la composición de especies a lo largo del tiempo indican una dinámica ambiental en curso.

En el ámbito ornitológico, se ha evidenciado un incremento significativo en la diversidad y abundancia de aves durante el mismo periodo. Se identificaron **21 especies** distribuidas en **6 órdenes** y agrupadas en **12 familias**, con un total de **17 géneros**. La implementación de medidas de remediación en el Pasivo Ambiental Minero Excélsior ha generado un impacto positivo, evidenciado por el aumento tanto en el número de individuos como de especies. La mayoría de estas especies se clasifican como de Preocupación Menor en la Lista Roja de la IUCN, lo que denota una mejoría en su estado de conservación. Aunque no se han identificado especies de aves endémicas en el área estudiada, los indicadores de diversidad biológica demuestran una alta a mediana diversidad con tendencia ascendente en la biodiversidad, además de una estabilidad en la

clasificación de conservación. No obstante, la reducción en la equidad de la distribución de individuos y los cambios en la composición de especies reflejan una dinámica ambiental que debe ser objeto de monitoreo constante para asegurar la conservación efectiva de la avifauna en el área.

Por otra parte, se concluye que el área de estudio ha experimentado una notable recuperación y diversificación de su mastofauna. La presencia de **7 especies de mamíferos menores** distribuidas en **6 géneros**, agrupadas en la **familia Cricetidae** y el **Orden Rodentia**, junto con el incremento en el número de individuos y especies, refleja un **crecimiento poblacional** y una **mayor diversidad biológica**. La aparición y persistencia de 5 especies categorizadas por la IUCN, así como la identificación de especies endémicas, ponen de relieve la efectividad de **las medidas de remediación ambiental** implementadas. La presencia continua de la especie *Thomasomys incanus*, clasificada como Vulnerable según el D.S. 004-2014-MINAGRI, y la estabilidad de la comunidad de mamíferos menores, evidenciada por los índices de Shannon, Simpson, Margalef, equidad y el Índice de Jaccard, destacan la **importancia de continuar con las prácticas de conservación** con el fin de enriquecer la biodiversidad en la región. Estos resultados son alentadores y demuestran que las acciones de remediación tienen un impacto positivo significativo en la conservación de la fauna local.

Asimismo, la herpetofauna ha experimentado una evolución positiva, con la presencia de **2 especies** distribuidas en las clases **Reptilia** y **Amphibia**. Estos resultados indican una mejora en la **calidad ambiental** del área. La ausencia inicial de estas especies se atribuye a la presencia de material mineralógico expuesto y a la colonización incipiente de especies de flora. La inclusión de *Liolaemus walkeri* y *Rhinella spinulosa* en la Lista Roja de la IUCN refuerza la importancia de las medidas de conservación. *Liolaemus walkeri*, como especie endémica del Perú, resalta la

singularidad del ecosistema y la relevancia de las acciones de remediación del PAM Excelsior. A pesar de esto, el análisis de diversidad se ve restringido debido al registro de solo dos especies, lo que resulta en un índice de diversidad de **0.00** y una baja similitud de composición de especies según el índice de Jaccard. No obstante, los resultados indican una tendencia creciente hacia la recuperación de la biodiversidad herpetológica.

Todas las especies de flora y fauna registradas en la zona de estudio son características de la zona de vida Páramo Húmedo y corresponden a la cobertura vegetal típica del Pajonal Andino (Pj). Estas especies, consideradas como indicadores clave de la efectividad de la remediación, reflejan avances positivos, particularmente en lo que respecta a la fauna.

Finalmente, basándonos en los resultados de la prueba de hipótesis, concluimos que no existe una correlación significativa entre la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior y la identificación de especies de flora, a pesar de la correlación media según el coeficiente de Pearson y el incremento del número de especies e índices de diversidad en la zona de estudio. La presencia de actividades en curso dentro del proyecto contribuye a la falta de evidencia clara de esta relación, y es posible que el efecto sea más visible en los años posteriores. Por otro lado, se confirma una correlación positiva entre la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior y la identificación de especies de fauna (ornitofauna, mastofauna y herpetofauna), y existe una influencia de la presencia de especies de flora en la fauna.

La Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior, se posiciona como una de las remediaciones más prominentes en América Latina y se prevé su culminación para el segundo semestre de 2024.

RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan las siguientes recomendaciones:

- Continuar la investigación hasta alcanzar el 100 % de avance y mantener el monitoreo de la biodiversidad en el área incluso después del cierre del proyecto de remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior.
- Realizar evaluaciones semestrales durante la época seca y húmeda para obtener una visión más completa de la biodiversidad a lo largo del tiempo y comprender mejor su dinámica en la zona.
- Implementar actividades de difusión para dar a conocer las especies registradas. Esto ayudará a identificar aquellas que podrían estar protegidas por la legislación nacional e internacional, contribuyendo así a la conservación de la diversidad biológica.
- Para futuros proyectos de remediación de pasivos ambientales mineros, priorizar los monitoreos biológicos de flora y fauna como indicadores clave de la efectividad de las actividades estratégicas implementadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, C., & Perez, J. (2017). *Liolaemus walkeri*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017:e.T12010A48671459. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/12010/48671459>
- Aguilar, C., Gamarra, R., Ramirez, C., Suarez, J., Torres, C., & Siu Ting, K. (2012). *Anfibios andinos y estudios de impacto ambiental en concesiones mineras de Perú*. Alytes, 2012, 29 (1-4): 88-102.
- Aguilar, C., Ramírez, C., Rivera, D., Siu-Ting, K., Suarez, J., & Torres, C. (2010). *Anfibios andinos del Perú fuera de Áreas Naturales Protegidas: amenazas y estado de conservación*. Rev. peru. biol. 17(1): 005- 028.
- Aguilar, C., Rojas, O., Rios, E., Odicio, R., Aguilar, R., & Gagliardi, G. (2021). *Lista actualizada de los reptiles del departamento de Loreto*. Revista peruana de biología 28(especial): e21913.
- Alvarado, R. (1962). *Código internacional de nomenclatura zoológica*. Madrid: Real Sociedad Española de Historia Natural del Instituto José de Acosta Zoología.
- AMSAC. (2023). *Reporte de Sostenibilidad 2022*. Devolvemos Vida al Planeta. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/amsac/informes-publicaciones/3880385-reporte-de-sostenibilidad>
- Angulo, A., Rueda, J., Rodríguez, J., & La Marca, E. (2006). *Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina*. Conservation Internacional. Serie Manuales de Campo N.º 2. Bogotá, Colombia.
- Aranibar, A., La fuente, D., & Pabón, E. (2023). *Remediación y activación de pasivos ambientales mineros en el Estado Plurinacional de Bolivia*. Serie Medio Ambiente y Desarrollo, N° 174 (LC/TS.2023/66), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

- Aybar, C., Lavado, W., Sabino, E., Ramírez, S., Huerta, J., & Obando, F. (2017). *Atlas de zonas de vida del Perú - Guía explicativa*. Lima, Perú: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Dirección de Hidrología.
- Baev, P., & Penev, L. (1995). *BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis*. Versión 5.1.
- Bambarén, C. (2019). *Impactos significativos del Pasivo Ambiental Minero Siete Cuevas en el Centro Poblado de Rondos Bajo - distrito de Huánuco - 2018*. Huánuco.
- Barnett, A., & Dutton, J. (1995). *Expedition field techniques: small mammals (excluding bats)*. London, England: Expedition Advisory Centre, Royal Geographical Society.
- Barriga, C., & Pacheco, V. (2017). *Thomasomys incanus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017:e.T21778A22365762. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/21778/22365762>
- Bell, A., & Bachman, S. (2011). *Ephedra rupestris*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011:e.T201681A9163757. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/201681/9163757>
- Beltrán, H. (2017). *Sinopsis del género Werneria (Asteraceae: Senecioneae) del Perú*. *Arnaldoa* 24(1): 45-62.
- Beltran, H., & Roque, J. (2015). *El género Senecio L. (Asteraceae-Senecioneae) en el departamento de Lima, Perú*. *Infancia* 22(2): 395-412.
- Beltrán, K., Salgado, S., Cuesta, F., León Yáñez, K., Romoleroux, K., Ortiz, E., Velástegui, A. (2009). *Distribución Espacial, Sistemas Ecológicos y Caracterización Florística de los Páramos en el Ecuador*. Memoria técnica del mapa a escala 1:100.000. EcoCiencia, Proyecto Páramo Andino y Herbario, QCA. Quito.

- Beraún, J., & Villanueva, H. (s.f.). *Clasificación de las regiones naturales del Perú*. Boletín 3, ISSN 2411-6890, Colegio de Geógrafos del Perú. Obtenido de <https://cgp.org.pe/publicaciones/boletin3/B3-09.pdf>
- Better. (2020). *¿Qué son y qué hacer con los Pasivos Ambientales?* Obtenido de Artículo. Disponible en: <https://better.cl/pasivos-ambientales-due-diligente/>
- Bibby, C., Burgess, N., & Hill, D. (1999). *Bird census Techniques*. London, UK: Academic Press.
- BirdLife, I. (2016). *Catamenia inordata*. *Catamenia inornata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e.T22723573A94824438. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/22723573/94824438>
- BirdLife, I. (2016). *Chloephaga melanoptera*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e.T22679972A92836647. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/22679972/92836647>
- BirdLife, I. (2016). *Cinclodes atacamensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e.T22702114A93860665. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/22702114/93860665>
- BirdLife, I. (2016). *Geospizopsis plebejus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e.T22723100A94803462. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/22723100/94803462>
- BirdLife, I. (2016). *Muscisaxicola griseus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e.T22733765A95064381. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/22733765/95064381>
- BirdLife, I. (2016). *Muscisaxicola juninensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e.T22700168A93762841. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/22700168/93762841>

- BirdLife, I. (2016). *Muscisaxicola rufivertex*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e.T103683296A93762636. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/103683296/93762636>
- BirdLife, I. (2016). *Phrygilus punensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e.T22723064A94802095. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/22723064/94802095>
- BirdLife, I. (2016). *Plegadis ridgwayi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e.T22697429A93613504. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/22697429/93613504>
- BirdLife, I. (2016). *Sicalis uropigyalis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e.T22723316A94811919. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/22723316/94811919>
- BirdLife, I. (2016). *Spinus atratus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e.T22720401A94668797. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/22720401/94668797>
- BirdLife, I. (2016). *Turdus chiguanco*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016:e.T103889964A94180460. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/103889964/94180460>
- BirdLife, I. (2017). *Cinclodes albiventris*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017:e.T22736220A111157293. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/22736220/111157293>
- BirdLife, I. (2017). *Cinclodes fuscus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017:e.T22736215A111157042. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/22736215/111157042>

- BirdLife, I. (2017). *Colaptes rupicola*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017:e.T22726426A112111487. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/22726426/112111487>
- BirdLife, I. (2017). *Troglodytes aedon*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T103886826A111242743. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/103886826/111242743>
- BirdLife, I. (2017). *Upucerthia validirostris*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017:e.T103670909A112278376. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/103670909/112278376>
- BirdLife, I. (2020). *Zonotrichia capensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020:e.T22721079A138471375. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/22721079/138471375>
- Boddicker, M., Rodriguez, J., & Amanzo, J. (2002). *Indices for assessment and monitoring of large mammals within an adaptive management framework*. Environmental Monitoring and Assessment 76: 105–123.
- Brack, A., & Mendiola, C. (2000). *Ecología en el Perú*. Editorial Bruño/PNUD, Lima, Perú.
- Brack, A. (1986). *Las ecorregiones del Perú*. Boletín de Lima. Lima - Perú. Vol. VIII, N° 44: 57 - 70.
- Brako,L., & Zarucchi,J. (1993). *Catálogo de plantas con Angiospermas y gimnospermas del Perú*. Monografías de botánica sistemática del Jardín Botánico de Missouri 45: 1-1286.
- Cadima, X., Castaneda, N., & Knapp, S. (2020). *Solanum acaule*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T71777551A71777566. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/71777551/71777566>

- Calviño, C., Fernandez, M., & Martínez, S. (2016). *Las especies de Azorella (Azorelloideae, Apiaceae) con distribución extra-Argentina*. Darwiniana nueva serie 4(1): 57-82.
- Campo, A., & Duval, V. (2014). *Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural*. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina).
- Cano, A., Delgado, A., Mendoza, W., Trinidad, H., Gonzáles, P., La Torre, M., . . . Navarro, E. (2011). *lora y vegetación de suelos crioturbados y hábitats asociados en los alrededores del abra Apacheta, Ayacucho - Huancavelica (Perú)*. Revista Peruana de Biología 18(2): 169-178.
- Cardozo, A., Hernández Ch., L., Lapp, M., Rodríguez, H., Ruiz Z., T., & Torrecilla, P. (2006). *Botánica sistemática, fundamentos para su estudio*. Maracay: Cátedra de Botánica Sistemática. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela.
- Carignan, V., & Villard, M. (2002). *Selecting indicator species to monitor ecological integrity: A review*. Environmental Monitoring and Assessment 78, 45-61.
- Carrillo de Espinoza, N., & Icochea, J. (1995). *Lista taxonómica preliminar de los reptiles vivientes del Perú*. Publicaciones del Museo de Historia natural U.N.M.S.M. (A) 47: 1-27.
- Catenazzi, A., Lehr, R., & Von May, R. (2013). *The amphibians and reptiles of Manu National Park and its buffer zone, Amazon basin and eastern slopes of the Andes, Peru*. Biota Neotropica.
- CBIF. (2021). *Reptiles del Perú*. Obtenido de <https://www.gbif.org/es/dataset/04675231-2f76-48f8-bfed-78d71c1ec94c>
- Ccanto Mallma, G. (2014). *Metodología de la Investigación en Ingeniería Química y Ambiental*. Huancayo, Perú: Cultura Peruana.

- CEPAL. (2019). *Remediación y activación de pasivos ambientales mineros (PAM) en el Perú*. ISSN 1680-8886/ Serie 168. Disponible en:. Obtenido de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45068/1/S1901182_es.pdf
- CESEL. (2017). *Estudio de Ingeniería de Detalle para el Abandono del Depósito de Desmontes Excélsior - Cerro de Pasco - ACTIVOS MINEROS S.A.C. . Tomo II*. Rev. 1. Informe fase III CSL-131200-11-03-IT-01.
- CESEL. (2021). *Recuperación de los Servicios Ecosistémicos en la parte alta de la quebrada Ranra afectada por los pasivos ambientales mineros de la Ex Unidad Minera Azulmina 1 y 2 en el Distrito de Santa Ana de Tusi, Provincia de Daniel Alcides Carrión, Departamento de . Volumen de Ingeniería, tomo VI*.
- CITES. (2023). *Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre*. Obtenido de <https://cites.org/esp>
- Clements, J., & Shany, N. (2001). *A field guide to the birds of Peru*. Ibis Publishing Company. Temecula, California.
- CONCYTEC. (2016). *Programa Nacional Transversal de Valorización de la Biodiversidad 2015 - 2021*. Programas de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Crump, M., Scott, J., & N.J. (1994). *Visual encounter surveys*. Washington D.C.
- Daly, N. (2023). *Especies indicadoras: animales que ofrecen pistas fundamentales sobre el cambio medioambiental*. National Geographic. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/animales/2024/03/ballena-gris-regreso-atlantico-importancia>
- De la Barra, N., Leon, B., & Terneus, E. (2022). *Distichia acicularis (amended version of 2016 assessment)*. The IUCN Red List of Threatened Species 2022: e.T45397A217614304. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/45397/217614304>

- Díaz, E., & Payan, D. (2012). *Manual de fototrampeo Una herramienta de investigación para la conservación de la biodiversidad en Colombia*.
- Doan, T. (2003). *Which methods are most effective for surveying rain forest herpetofauna?* *Journal of Herpetology*.
- Dunnum, J., Vargas, J., Bernal, N., Zeballos, H., & Vivar, E. (2016). *Auliscomys pictus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T2397A115061869. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/2397/115061869>
- Eisenberg, J., & Redford, K. (1999). *Mammals of the Neotropics: The central Neotropics: Ecuador, Bolivia, Brazil*. Chicago: University of Chicago Press. 609 p.
- Emmons, L., & Feer, F. (1997). *Neotropical rainforest mammals: a field guide*. Chicago: University of Chicago Press. 307 p.
- Flores, A. (2005). *Manual de pastos y forrajes altoandinos*. Lima, Perú: Unalm.
- future, P. f. (2010). *Plantas Para Un Futuro, Tierra, Plantas, Personas*. Obtenido de <http://www.pfaf.org/user/plantsearch.aspx>
- Gallina, S., & López, G. (2011). *Manual de Técnicas para el estudio de la Fauna*. México: Instituto de Ecología, A.C de la Universidad Autónoma de Querétaro.
- Gardner, A., & Dagosto, M. (2007). *Tribe Metachirini; p. 35-39 In A.L. Gardner (ed.). Mammals of South America: marsupials, xenarthrans, shrews, and bats*. Chicago and London: University of Chicago Press.
- Gaston, K. (1994). *Rarity. Population and Community Biology*. Chapman & Hall, Londres, Reino Unido.
- GBIF. (2018). *Fondo Mundial de Información sobre Biodiversidad*. Obtenido de <http://data.gbif.org/species/>

- GBIF. (2023). *Fondo Mundial de Información sobre Biodiversidad*. Obtenido de https://www.gbif.org/species/search?via=data.gbif.org&dataset_key=d7dddbf4-2cf0-4f39-9b2a-bb099caae36c&q=
- Gentry, A. (1982). *Patterns of neotropical plant diversity*. *Evolutionary Biology* 15: 1 - 84 pp.
- Gomez, N. (2019). *Absorción de metales en la planta Senecio collinus en suelos disturbados y no disturbados en la zona de la Laguna Yanamate, con la finalidad de realizar una remediación ambiental*.
- Gonzales, A. (2011). *Métodos de captura y contención de mamíferos. Manual de Técnicas Para El Estudio de La Fauna*. Obtenido de <https://docplayer.es/451756-Manual-de-tecnicas-para-el-estudio-de-la-fauna-sonia-gallina-tessaroy-carlos-lopez-gonzalez-editores-2011.html>
- González, P., León, B., Cano, A., & Jorgensen, P. (2018). *Flora vascular y vínculos fitogeográficos de la Sierra de Carabaya, Perú*. . *Revista Peruana de Biología* 25(3): 191-210.
- Greuter, W., & Rankin R., R. (2018). *Código Internacional de Nomenclatura para algas, hongos y plantas (Código de Shenzhen)*. Berlín, Alemania.: Stiftung Herbarium Greuter (Fundación Herbario Greuter).
- Gurnell, J., & Pepper, H. (1994). *Red squirrel conservation: Field study methods*. Research Information Note 255.
- Gurnell, J., Lurz, P., McDonald, R., & Pepper, H. (2009). *Practical techniques for surveying and monitoring squirrels*. Practice Note. Surrey, UK: Forestry Commission.

- Guzman, M., & León, M. (2018). *Evaluación del estado actual de Flora y Fauna en la Concesión Minera Conguime I Regentada por la Compañía Exploken S.A. Cantón Paquisha, Provincia de Zamora Chinchipe*. Cuenca, Ecuador.
- Hammer, Ø., Harper, D., & Ryan, P. (2001). *PAST - PAlaeontological STatistics*.
- Hernández R., Fernandez C., & Baptista P. (2010). *Metodología de la Investigación* (5th ed.). McGrawHill.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Sexta edición. McGRAW - HILL/Interamericana editores , S.A. de C.V.
- Heyer, W., Donnelly, M., McDiamid, R., Hayek, L., & Foster, M. (1994). *Measuring and monitoring biological diversity: Standard methods for amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, DC.
- Hice, C., & Velasco, P. (2013). *Relative effectiveness of several bait and trap types for assessing terrestrial small mammal communities in Neotropical rainforest*. Occasional Papers. Museum of Texas Tech University 316,1-15.
- Hijmans, R., Jacobs, M., Bamberg, J., & Spooner, D. (2003). *Tolerancia a las heladas en especies de papa silvestre: evaluación de la predicción de factores taxonómicos, geográficos y ecológicos*. Eufítica 130: 47-59.
- Hoffman, A., Decher, J., Rovero, F., Schaer, J., Voigt, C., & Wibbelt, G. (2010). *Manual on field recording techniques and protocols for All Taxa Biodiversity Inventories and Monitoring*. modificado de Field Methods and Techniques for Monitoring Mammals (pp. 482-529). En: J. Eymann, J. Degreef, C. Häuser, J. C. Monje, Y. Samyn & D. VandenSpiegel (ed.). Manual on field recording techniques and protocols for All Taxa Biodiversity Inventories: ABC Taxa 8(2), 482-529.
- Holdridge, L. (1996). *Ecologías basada en zonas de vida*. Editorial IICA. San José, Costa Rica. 219 p.

- IDESEP. (2024). *Infraestructura de Datos Espaciales del SENAMHI - Servicios WMS*.
Obtenido de <https://idesep.senamhi.gob.pe/portalidesep/wms.do>
- INGENII. (2023). *La importancia de un correcto muestreo de flora y fauna en los estudios de Impacto y Riesgo ambiental y su evaluación*. Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/la-importancia-de-un-correcto-muestreo-flora-y-fauna-en-los/?originalSubdomain=es>
- INRENA. (1994). *Mapa Ecológico del Perú - Guía Explicativa*. Lima: Instituto Nacional de Recursos Naturales - Ministerio de Agricultura.
- IUCN. (2011). *Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN (ver. 2011.2)*. Obtenido de <http://www.iucnredlist.org/>
- IUCN. (2023). *Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN. Versión 3.1*. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/42532611/208222082#habitat-ecology>
- IUCN. (2024). *Lista roja de especies amenazadas*. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/es>
- IUCN SSC, A. (2020). *Rhinella spinulosa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T88992858A101436432.
- Jayat, J. (2016). *Abrothrix jelskii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T4804A22338124. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/4804/22338124>
- Jiménez , V., Pacheco, V., & Vivas, D. (2013). *An introduction to the systematics of Akodon orophilus Osgood, 1913 (Rodentia: Cricetidae) with the description of a new species*. Zootaxa 3669(3), 223-242.
- Jones, C., MsShea, W., Conroy, M., & Kunz, T. (1996). *Measuring and monitoring biological diversity: Standard Methods for Mammals*. Capturing Mammals. En:

- D. E. Wilson, F. R. Cole, J. D. Nichols, R. Rudran & M. S. Foster (ed.). (pp. 115-155). Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Jørgensen, P., Nee, N., & Beck, S. (2014). *Catálogo de las plantas vasculares de Bolivia, Monografías de botánica sistemática del Jardín Botánico de Missouri*. Prensa del Jardín Botánico de Missouri, St. Louis.
- Krebs, C. (1989). *Ecological Methodology*. Harper- Collins Publishers, New York. 654 pp.
- Krebs, C. (1999). *Ecological Methodology*. (2.a ed.). New York: Benjamin/Cummings.
- Lazaro, A. (2021). *Identificación de aves como indicador de la calidad ambiental del área de Conservación "Humedal Laguna el Oconal" de Villa Rica, teniendo como referencia el Decreto Supremo N° 004-2014-Minagri-2019*.
- León, B., Pitman, N., & Roque, G. (2006). *Introducción a las plantas endémicas del Perú*. Revista peruana de biología, ISSN 1727-9933, Vol. 13, N°. 2: 9-22.
- Lopez, L. (2012). *Trifolium amabile*. The IUCN Red List of Threatened Species 2012:e.T19892797A20154255. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/19892797/20154255>
- Magurran, A. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press.
- Magurran, A. (2003). *Measuring biological diversity*. USA: WileyBlackwell.
- Magurran, A. (2004). *Measuring Biological Diversity*. . Oxford, UK: Blackwell Science.
- Magurran, A., & McGill, B. (2011). *Biological diversity: frontiers in measurement and assessment*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Manzanilla, J., & Péfaur, J. (2000). *Consideraciones sobre métodos y técnicas de campo para el estudio de anfibios y reptiles*. Revista Ecología. Latinoamericana, 7(1-2), 17-30.

- Marzocca, A. (1985). *Nociones básicas de taxonomía vegetal*. San José, Costa Rica.: Instituto Interamericano de Cooperación para la agricultura.
- Matteucci, S., & Colma, A. (1982). *Metodología para la vegetación*. Washington, DC, Secretaría General de la OEA, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. 163 P.
- Menhinick, E. (1964). *A comparison of some species individuals diversity indices applied to samples of field insects*. *Revista Ecología*, 45 (4): 859 - 861.
- Mikol, S. (1980). *Field guidelines for using transects to sample nongame bird populations*. (Report FWS/OBS-80/58).USA: U.S. Fish and Wildlife Service.
- MINAM. (2011). *Inventario y evaluación del patrimonio natural en los ecosistemas de la Selva Alta Parque Nacional Yanachaga Chemillén*. Lima, Perú.: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado.
- MINAM. (2013). *Protocolo para el levantamiento de información de carbono forestal para el inventario nacional forestal*. Manuscrito inédito.
- MINAM. (2015). *Guía de inventario de la fauna silvestre*. Lima: Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.
- MINAM. (2015). *Guía de inventario de la flora y vegetación*. Lima: Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.
- MINAM. (2015). *Intercambio de datos*. Dirección General de Ordenamiento Territorial y de la Gestión Integrada de los Recursos Naturales. Obtenido de <https://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/>

- MINAM. (2015). *Memoria descriptiva del Mapa de Cobertura Vegetal del Perú*. Lima: Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.
- MINAM. (2018). *Listado de especies de fauna silvestre CITES - Perú*. Dirección General de Diversidad Biológica. Lima. Perú.
- MINAM. (2018). *Listado de Especies de Flora Silvestre CITES - Perú*. Dirección General de Diversidad Biológica. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/395685-listado-flora-cites-peru-2018>
- MINAM. (2019). *Sexto informe nacional sobre diversidad ecológica - La Diversidad en Cifras*. Biblioteca Nacional del Perú.
- MINAM. (2023). *Listado de Especies de Fauna Silvestre CITES - Perú*. Dirección General de Diversidad Biológica. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minam/informes-publicaciones/4042047-listado-de-fauna-cites-peru-2023>
- Montesinos, D. (2011). *Diversidad florística de la cuenca alta del río Tambo-Ichuña (Moquegua, Perú)*. Rev. Perú. biol. 18(1): 119-132.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. . Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal*. Santa Cruz de la Sierra.
- Muñoz, P., & Yañez, J. (2000). *Mamíferos de Chile*. Valdivia, Chile: CEA ediciones.

- Noss, R. (1999). *Assessing and monitoring forest biodiversity: A suggested framework and indicators*. Forest Ecology and Management 115, 135-146.
- Nowak, R., & Wilson, D. (1999). *Walker's Mammals of the World* (Vol. II).
- Ochoa, C. (1990). *Las Papas de América del Sur: Bolivia*. Prensa de la Universidad de Cambridge, Cambridge.
- Ochoa, C. (2004). *Las Papas de Sudamérica: Perú*. Centro Internacional de la Papa, Lima.
- OEFA. (2020). *Evaluación Ambiental de Causalidad en el ámbito del Pasivo Ambiental Minero Depósito de Desmontes Excélsior a cargo de Activos Mineros S.A.C. en el 2020*. Lima, Perú.: Sub dirección Técnica Científica, Dirección de Evaluación Ambiental.
- ONERN. (1976). *Mapa ecológico del Perú*. . Guía explicativa. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales. Lima 146 pp.
- Pacheco, V., Cadenillas, R., Salas, E., Tello, C., & Zeballos, H. (2009). *Diversidad y endemismo de los mamíferos del Perú*. Revista Peruana de Biología, 16(1), PP. 5- 32.
- Pacheco, V., Diaz, S., Graham, L., Flores, M., Calizaya, G., Ruelas, D., & Sanchez, P. (2021). *Lista actualizada de la diversidad de los mamíferos del Perú y una propuesta para su actualización*. Revista peruana de biología 28(4): e21019.
- Pacheco, V., Zeballos, H., & Vivar, E. (2016). *Akodon juninensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T737A115051962. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/737/115051962>
- Papavero, N. (1994). *Fundamentos prácticos de Taxonomía Zoológica: coleções, bibliografia, nomenclatura*. São Paulo, Brasil.: 2º ed., Editorial de la Universidade Estadual Paulista.

- Peet. (1974). *Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas*. En Verlag Erich Golze. Scripta Geobotanica IX, Göttingen.
- Pereira, D., Keller, C., & Martins, E. (2011). *n evaluation of field techniques for monitoring terrestrial mammal populations in Amazonia*. *Mammalian Biology*, 76, 401-408.
- Pérez, L., & Valderrama, M. (2022). *Inventario ambiental de los elementos flora, fauna y agua, que permita establecer el grado de conservación y los servicios ecosistémicos ofrecidos por la Reserva los Robles del Municipio de Palestina – Huila*. Huilla, Colombia.
- Pielou, S. (1975). *Ecological diversity*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Pla, L. (2006). *Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza*. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008&lng=es&tlng=es.
- Plenge, M. (2018). *List of the birds of Peru / Lista de las aves de Peru*. Unión de Ornitólogos del Peru.
- Plunkett, G., & Nicolas, A. (2016). *Evaluación de Azorella (Apiaceae) y sus aliados: filogenética y una nueva clasificación*. *Bretaña* 69(1): 1-31.
- PRODERN, P. (2012 a). *Estudio Agostológico en el distrito de cabana (Lucanas, Ayacucho)*. .
- PRODERN, P. (2012b). *Estudio agostológico en el Distrito Carmen Salcedo (Lucanas, Ayacucho)*.
- Rahn, K. (1985). *Secta Plantago . Carpophorae , un estudio taxonómico*. *Revista nórdica de botánica* 5(2): 143-151.
- Ralph, C., Geupel, G., Pyle, P., Martin, T., & Desante, D. (1996). *Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres*. (Rep. PSW-GTR-159). California,

USA. Department of Agriculture & Pacific Southwest Research Station, Forest Service.

Ralph, C., Sauer, J., & Droege, S. (1996). *Monitoring bird populations by point counts*. (Rep. PSW-GTR-149). California, USA: Department of Agriculture & Pacific Southwest Research Station.

Ramírez, A. (2005). *Ecología: métodos y análisis de poblaciones y comunidades*. Bogotá, Colombia: Editorial de la Pontificia Universidad Javeriana.

Ramirez, S. (2007). *Linneo: la pasión de un médico por la clasificación de los seres vivo*. Revista Ciencias de la Salud. 5.pág.101-103.

Rangel, J. (2015). *La biodiversidad de Colombia: significado y distribución regional*. Colombia: Rev. Acad. Colomb. Obtenido de <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/136/115>

Raven, P., Evert, R., & Eichhorn, S. (1991). *Biología de las plantas*. Reverté.

Reyes, P., & Torres, J. (2009). *Diversidad, distribución, riqueza y abundancia de condrictios de aguas profundas a través de archipiélagos patagónico austral, cabo de hornos, Islas Diego Ramírez y el sector norte del Paso Drake*. Biología Marina y Oceanográfica.

Rueda, J., Castro, F., & Cortez, C. (2006). *Técnicas para el inventario y muestreo de anfibios*. : Una Compilación. 135-172, En Angulo, A., J. V. Rueda-Almonacid, J. V. Rodríguez Maecha & E. La Marca, Técnicas de inventario y monitoreo.

Sabino , E., Lavado, W., & Aybar, C. (2019). . *Estimación de las zonas de vida de Holdridge en el Perú*. Lima: formato:Artículo científico. Servicio Nacional De Meteorología E Hidrología Del Perú –Senamhi. Dirección de Hidrología - DHI.

Salinas, L. (2007). *Avifauna de Tacna, en la ruta de censo de Suri Pterocnemis pennata*. de: http://www.inrena.gob.pe/iffs/iffs_biodiv_estud_poblacional.htm.

- Salinas, L., Arana, C., & Pulido, V. (2007). *Diversidad, abundancia y conservación de aves en un agroecosistema del desierto de Ica, Perú*. Revista peruana de biología 13(3): 155-167.
- Sandro, F. (2014). *Evaluación de estructura horizontal y la diversidad florística en un bosque lluvioso del medio Magdalena, Hacienda San Juan del Carare, Cimitarra – Santander*. Ibagué, Tolima.
- Särkinen, T., Baden, M., Gonzales, P., Cueva, M., Giacomini, L., Spooner, D., . . . Knapp, S. (2015). *Lista comentada de Solanum L. (Solanaceae) para Perú*. Revista Peruana de Biología 22(1): 3–62.
- Schlüter, A., Icochea, J., & Pérez, J. (2004). *Amphibians and reptiles of the lower Río Llullapichis, Amazonian Peru: updated species list with ecological and biogeographical notes*. Salamandra, Rheinbach, 40(2),141-160.
- Schulenberg, T., Stotz, D., Lane, D., Neill, J., & Parker III, T. (2007). *Birds of Peru*. Princeton Univ. Press. Princeton, New Jersey.
- SENAMHI. (2017). *Mapa de Zonas de Vida del Perú*. Lima, Perú.: Dirección de Hidrología .
- SENAMHI. (2019). *Estimación de las Zonas de Vida de Holdridge en el Perú*. Lima, Perú.
- SENAMHI. (2024). *Zonas de vida* . Obtenido de https://idesep.senamhi.gob.pe:443/geoserver/g_05_06/wms?
- Sequeda - Castañeda, L., Celis, C., & Luengas, P. (2015). *Uso fitoquímico y terapéutico de Baccharis latifolia(Ruiz & Pav.) pers. (Asteráceas)*. Farmacología en línea 2: 14-17.
- SERFOR. (2018). *Libro Rojo de la Fauna Silvestre Amenazada del Perú*. Primera edición. Serfor (Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre),Lima, Perú.

- Smith, A., Pryer, K., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H., & Wolf, P. (2006). *A classification for extant ferns*. *Taxon*, 55(3): 705-731.
- Somarriba, E. (1999). *Agroforestería en las américas*. Turrialba, Costa Rica.
- Sotomayor, A. (2015). *Remediación de pasivos ambientales mineros como estrategia como estrategia para el cuidado del ambiente*. Universidad de Lima.
- Speybroeck, J., Beukema, W., Bok, B., & Van Der Voort, J. (2021). *Field Guide to the Amphibians and Reptiles of Britain and Europe*.
- Tellería, J. (1986). *Manual para el censo de los vertebrados terrestres*. Madrid: Raíces.
- Thiollay, J. (1997). *Disturbance, Selective Logging and Bird Diversity: A Neotropical Forest Study*. *Biodiversity and Conservation*, 1155-1173.
- Timayá de la Flor, M., Trinidad, H., Montesinos, D., & Quipuscoa, V. (2019). *Azorella crenata*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T133249022A133249902. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/133249022/133249902>
- Trinidad, H., & Montesinos, D. (2019). *Werneria caespitosa*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T133255373A133256070. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/133255373/133256070>
- Trinidad, H., Montesinos, D., Timaná, M., & Castillo, S. (2019). *Plantago rigida*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T133319030A133322153. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/133319030/133322153>
- Trinidad, H., Quipuscoa, V., Castillo, S., Timaná, M., & Montesinos, D. (2019). *Senecio condimentarius*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019:e.T133252885A133253164. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/133252885/133253164>
- Troiani, H., Prina, A., Muiño, W., Tamame, M., & Beinticinco, L. (2017). *Botánica, morfología, taxonomía y fitogeografía*. La Pampa, Argentina.: EdUNIPam.

- ULA. (2017). *Ecología de comunidades*. Universidad de los Andes. Mérida. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Obtenido de http://www.ula.ve/ciencias-forestales-ambientales/wp-content/uploads/sites/9/2016/11/Ecolog%C3%ADa_Comunidades_2.pdf
- Vacas, O., Malizia, L., Araujo, A., Erika Boza, T., De los Ángeles La Torre, M., Beltran, H., . . . Tejedor, N. (2021). *Baccharis latifolia (amended version of 2019 assessment)*. The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T42532611A208222082. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/42532611/208222082>
- Valdez, C., Guzman, M., Valdés, A., Foroughbakhch, R., Alvarado, M., & Rocha, A. (2018). *Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México*. *Revista de Biología Tropical*.
- Vargas, J., Bernal, N., Zeballos, H., Vivar, E., Jayat, J., & Pardinias, U. (2016). *Neotomys ebriosus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T14601A22339478. Obtenido de <https://www.iucnredlist.org/species/14601/22339478>
- Vargas, V. (2015). *Guía de identificación de anfibios y reptiles*. Perú: LNG (ed). Lima. págs 111.
- Von May, R., Jacobs, J., Santa Cruz, R., Valdivia, J., Huamán, J., & Donnelly, M. (2010). *Amphibian community structure as a function of forest type in Amazonian Peruvian*. *Journal of Tropical Ecology* 26, 509-519.
- Voss, R., & Emmons, L. (1996). *Mammalian diversity in Neotropical lowland rainforests: a preliminary assessment*. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 230, 1-115.

- Voss, R., Lunde, D., & Simmons, N. (2001). *The mammals of Paracou, French Guiana: a Neotropical lowland rainforest fauna. Part 2. Nonvolant species*. Bulletin of the American Museum of Natural History, 263,1-236.
- Whittaker, R. (1969). *New Concepts of Kingdoms of Organisms*. Science 163.pág. 150-160.
- Wilson, D., Cole, F., Nichols, J., Rudran, R., & Foster , M. (1996). *Measuring and monitoring biological diversity: Standard Methods for Mammals*. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Woese, C. (1990). "*Phylogenetic structure of the prokaryotic domain: the primary kingdoms*". Proc Natl Acad Sci, 74(11) pág.5088-90.
- Woese, C., & Fox, G. (1977). "*Phylogenetic structure of the prokaryotic domain: the primary kingdoms*". Proc Natl Acad Sci, 74(11) pág.5088-90.
- Woese, C., Kandler, O., & Wheelis, M. (1990). "*Towards a natural system of organisms:Proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya*". Proc. Natl. Acad. Sct. USA 87 pág. 4576-4579.

ANEXOS

ANEXO A: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Registro de especies de flora en el área de estudio - 2018

N°	REINO	DIVISION	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	PAJONAL		Total	Pi %	Pi 1	Pi 2	PF 1	PF 2	PiLn/Pi 1	PiLn/Pi 2
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Apiales	Apiaceae	Azorella	<i>Azorella ornata</i>	<i>Azorella ornata</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	0	2	2	1.0	0%	2%	0.0	0.0	0.0	-0.1
2	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Belloua	<i>Belloua</i> sp.	<i>Belloua</i> sp.	6	0	6	3.0	8%	0%	0.0	0.0	-0.2	0.0
3	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Hypochaeris	<i>Hypochaeris eremophila</i>	<i>Hypochaeris eremophila</i> Cabrera	0	2	2	1.0	0%	2%	0.0	0.0	0.0	-0.1
4	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Misbrookea	<i>Misbrookea strigosissima</i>	<i>Misbrookea strigosissima</i> (A. Gray) V.A. Fuke	5	1	6	3.0	7%	1%	0.0	0.0	-0.2	0.0
5	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Oritrophium	<i>Oritrophium</i>	<i>Oritrophium limophilum</i> (Sch.Bip.) Cuatrec.	1	0	1	0.5	1%	0%	0.0	0.0	-0.1	0.0
6	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Paranaphellus	<i>Paranaphellus ovatus</i>	<i>Paranaphellus ovatus</i> Wedd.	0	11	11	5.6	0%	9%	0.0	0.0	0.0	-0.2
7	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Werneria	<i>Werneria caespitosa</i>	<i>Werneria caespitosa</i> Wedd.	2	0	2	1.0	3%	0%	0.0	0.0	-0.1	0.0
8	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago	<i>Plantago lamprophylla</i>	<i>Plantago lamprophylla</i> Pilg.	0	8	8	4.0	0%	7%	0.0	0.0	0.0	-0.2
9	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago	<i>Plantago rigida</i>	<i>Plantago rigida</i> Kunth	1	5	6	3.0	1%	4%	0.0	0.0	-0.1	-0.1
10	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Lachemilla	<i>Lachemilla pinnata</i>	<i>Lachemilla pinnata</i> Ruiz & Pav.	1	13	14	7.1	1%	11%	0.0	0.0	-0.1	-0.2
11	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Cyperaceae	Trichophorum	<i>Trichophorum rigidum</i>	<i>Trichophorum rigidum</i> (Steud.) Geoph. Manpa & D.A. Simpson	19	0	19	9.6	25%	0%	0.1	0.0	-0.3	0.0
12	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Juncaceae	Diaticha	<i>Diaticha acicularis</i>	<i>Diaticha acicularis</i> Baker & Lagasner	0	1	1	0.5	0%	1%	0.0	0.0	0.0	0.0
13	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis rigescens</i>	<i>Calamagrostis rigescens</i> (L. Presl) Scribn.	10	33	43	21.7	13%	27%	0.0	0.1	-0.3	-0.4
14	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis vicinarum</i>	<i>Calamagrostis vicinarum</i> (Wedd.) Pilg.	20	30	50	25.3	27%	24%	0.1	0.1	-0.4	-0.3
15	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Muhlenbergia	<i>Muhlenbergia parviflora</i>	<i>Muhlenbergia parviflora</i> (P. Benth.) Steud.	5	8	13	6.6	7%	7%	0.0	0.0	-0.2	-0.2
16	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Paspalum	<i>Paspalum pygmaeum</i>	<i>Paspalum pygmaeum</i> Hook.	0	1	1	0.5	0%	1%	0.0	0.0	0.0	0.0
17	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Paspalum	<i>Paspalum</i> sp.	<i>Paspalum</i> sp.	4	8	12	6.1	5%	7%	0.0	0.0	-0.2	-0.2
18	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Stipa	<i>Stipa ichu</i>	<i>Stipa ichu</i> Ruiz & Pav.	1	0	1	0.5	1%	0%	0.0	0.0	-0.1	0.0
Total									75	123	198	100.0	1.0	1.0	0.2	0.2	-2.8	-2.1

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; Pi%: Abundancia relativa total; Pi1: Abundancia relativa del PMB-01; Pi2: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Registro de especies de flora en el área de estudio - 2019

N°	REINO	DIVISION	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	PAJONAL		Total	Pi %	Pi 1	Pi 2	Pi 1	Pi 2	PiLn/Pi 1	PiLn/Pi 2
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Apiales	Apiaceae	Azorella	<i>Azorella ornata</i>	<i>Azorella ornata</i> (Ruiz & Pav.) Pers.	0	2	2	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
2	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Paranaphellus	<i>Paranaphellus ovatus</i>	<i>Paranaphellus ovatus</i> Wedd.	0	2	2	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
3	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	<i>Baccharis trineata</i>	<i>Baccharis trineata</i> Wedd.	3	0	3	1.13	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0
4	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Belloua	<i>Belloua</i> sp.	<i>Belloua</i> sp.	3	0	3	1.13	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0
5	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Misbrookea	<i>Misbrookea strigosissima</i>	<i>Misbrookea strigosissima</i> (A. Gray) V.A. Fuke	1	0	1	0.38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Oritrophium	<i>Oritrophium</i>	<i>Oritrophium limophilum</i> (Sch.Bip.) Cuatrec.	1	0	1	0.38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Werneria	<i>Werneria caespitosa</i>	<i>Werneria caespitosa</i> Wedd.	1	0	1	0.38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Lachemilla	<i>Lachemilla orbiculata</i>	<i>Lachemilla orbiculata</i> (Ruiz & Pav.) Rydb.	1	0	1	0.38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Lachemilla	<i>Lachemilla pinnata</i>	<i>Lachemilla pinnata</i> Ruiz & Pav.	7	15	22	8.27	0.1	0.1	0.0	0.0	-0.2	-0.2
10	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Astragalus	<i>Astragalus garbanillo</i>	<i>Astragalus garbanillo</i> Cav.	0	5	5	1.88	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
11	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago	<i>Plantago rigida</i>	<i>Plantago rigida</i> Kunth	4	5	9	3.38	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
12	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago	<i>Plantago lamprophylla</i>	<i>Plantago lamprophylla</i> Pilg.	0	3	3	1.13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
13	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Juncaceae	Diaticha	<i>Diaticha acicularis</i>	<i>Diaticha acicularis</i> Baker & Lagasner	0	1	1	0.38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

14	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	Calamagrostis rigescens	Calamagrostis rigescens (J. Presl) Scribn.	14	62	76	28.57	0.1	0.4	0.0	0.1	-0.3	-0.4
15	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	Calamagrostis vicinarum	Calamagrostis vicinarum (Wedd.) Pilg.	34	46	80	30.08	0.4	0.3	0.1	0.1	-0.4	-0.4
16	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Muhlenbergia	Muhlenbergia peruviana	Muhlenbergia peruviana (P. Beauv.) Steud.	1	4	5	1.88	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
17	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Paspalum	Paspalum sp.	Paspalum sp.	2	25	27	10.15	0.0	0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.3
18	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Stipa	Stipa ichu	Stipa ichu Ruiz & Pav.	21	0	21	7.89	0.2	0.0	0.0	0.0	-0.3	0.0
19	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Cyperaceae	Trichophorum	Trichophorum rigidum	Trichophorum rigidum (Steud.) Coelett. Masaya & D.A. Simpson	3	0	3	1.13	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0
Total									96	170	266	100.0	1.0	1.0	0.2	0.2	-1.9	-1.7

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; P%: Abundancia relativa total; P1: Abundancia relativa del PMB-01; P2: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Registro de especies de flora en el área de estudio - 2020

N°	REINO	DIVISION	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	PAJONAL		Total	P1 %	P1	P2	P2 1	P2 2	P1LnP1 1	P1LnP1 2
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	Baccharis tricusata	Baccharis tricusata Wedd.	1	0	1	0.45	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0
2	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Belloa	Belloa sp.	Belloa sp.	1	4	5	2.26	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
3	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Chenopodium	Chenopodium asterifolium	Chenopodium asterifolium (M.E.) Cabrera	0	3	3	1.36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
4	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Paranaphthelus	Paranaphthelus ovatus	Paranaphthelus ovatus Wedd.	0	1	1	0.45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Senecio	Senecio collinus	Senecio collinus DC.	4	0	4	1.81	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0
6	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Senecio	Senecio condimentarius	Senecio condimentarius Cabrera	0	5	5	2.26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
7	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Werneria	Werneria caespitosa	Werneria caespitosa Wedd.	0	11	11	4.98	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2
8	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Weberbaueria	Weberbaueria peruviana	Weberbaueria peruviana (DC.) A. S. Hitchc.	2	0	2	0.90	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0
9	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Trifolium	Trifolium repens	Trifolium repens L.	0	1	1	0.45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Geraniales	Rubiaceae	Galium	Galium sp.	Galium sp.	0	1	1	0.45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Geraniales	Geraniaceae	Geranium	Geranium ruzii	Geranium ruzii Hieron.	0	5	5	2.26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
12	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago	Plantago lampyrophylla	Plantago lampyrophylla Pilg.	0	13	13	5.88	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2
13	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Orxalidales	Orxalidaceae	Oxalis	Oxalis sp.	Oxalis sp.	0	1	1	0.45	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Lachemilla	Lachemilla pinnata	Lachemilla pinnata Ruiz & Pav.	1	20	21	9.50	0.0	0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.2
15	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Lachemilla	Lachemilla ramosuloides	Lachemilla ramosuloides (L.M. Perry) Ralston	1	0	1	0.45	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0
16	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Juncaceae	Distichlis	Distichlis aciculata	Distichlis aciculata Baldriv & Longard	0	5	5	2.26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
17	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	Calamagrostis vicinarum	Calamagrostis vicinarum (Wedd.) Pilg.	1	61	62	28.05	0.0	0.3	0.0	0.1	-0.1	-0.4
18	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	Calamagrostis rigescens	Calamagrostis rigescens (J. Presl) Scribn.	4	16	20	9.05	0.1	0.1	0.0	0.0	-0.2	-0.2
19	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Muhlenbergia	Muhlenbergia peruviana	Muhlenbergia peruviana (P. Beauv.) Steud.	0	3	3	1.36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
20	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Paspalum	Paspalum pygmaeum	Paspalum pygmaeum Hack.	0	8	8	3.62	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
21	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Paspalum	Paspalum sp.	Paspalum sp.	0	7	7	3.17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
22	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Stipa	Stipa ichu	Stipa ichu Ruiz & Pav.	27	14	41	18.55	0.6	0.1	0.4	0.0	-0.3	-0.2
Total									42	179	221	100.0	1.0	1.0	0.4	0.2	-1.3	-2.3

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; P%: Abundancia relativa total; P1: Abundancia relativa del PMB-01; P2: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Registro de especies de flora en el área de estudio - 2021

N°	REINO	DIVISION	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	PAJONAL		Total	P1 %	P1	P2	P2 1	P2 2	P1LnP1 1	P1LnP1 2
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Achyrocline	Achyrocline alata	Achyrocline alata (Kerth) DC.	1	0	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	Baccharis caespitosa	Baccharis caespitosa (Ruiz & Pav.) Hieron.	0	1	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	Baccharis tricusata	Baccharis tricusata Wedd.	0	1	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

4	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	Baccharis latifolia	Baccharis latifolia (Ruiz & Pav.) Pers.	1	0	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
5	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Bellota	Bellota sp.	Bellota sp.	1	8	9	2.06	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
6	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Cotula	Cotula australis	Cotula australis (Sindler ex Spreng.) Hook. f.	0	5	5	1.14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
7	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Garnochaeta	Garnochaeta americana	Garnochaeta americana (Mill.) Wedd.	1	0	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
8	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Peruvia	Peruvia multiflora	Peruvia multiflora (Borqui) Less.	0	1	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
9	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Senecio	Senecio evaeoides	Senecio evaeoides Sch. Bip.	0	1	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Senecio	Senecio vulgaris	Senecio vulgaris L.	1	0	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
11	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Senecio	Senecio collinus	Senecio collinus DC.	3	0	3	0.69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
12	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Taraxacum	Taraxacum officinale	Taraxacum officinale F.H. Wigg.	1	0	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
13	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Capsella	Capsella bursa-pastoris	Capsella bursa-pastoris (L.) Medik.	0	1	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
14	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Descurainia	Descurainia myriophylla	Descurainia myriophylla (Willd. ex DC.) R.E. Fr.	10	0	10	2.29	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	
15	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Lepidium	Lepidium bipinnatifidum	Lepidium bipinnatifidum Desv.	2	0	2	0.46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
16	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Astragalus	Astragalus garbancillo	Astragalus garbancillo Cav.	0	2	2	0.46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
17	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Geraniales	Geraniaceae	Geranio	Geranium sessiliflorum	Geranium sessiliflorum Cav.	0	3	3	0.69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
18	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Lamiaceae	Lamium	Lamium amplexicaule	Lamium amplexicaule L.	0	1	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
19	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Lamiaceae	Stachys	Stachys pusilla	Stachys pusilla (Wedd.) Briq.	0	4	4	0.92	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
20	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Plantaginaceae	Veronica	Veronica peruvica	Veronica peruvica Poir.	1	0	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
21	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Scrophulariaceae	Buddleja	Buddleja sp.	Buddleja sp.	0	1	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
22	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Onagraceae	Epilobium	Epilobium densicatum	Epilobium densicatum Ruiz & Pav.	8	0	8	1.83	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2	
23	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Onagraceae	Oenothera	Oenothera multifida	Oenothera multifida Ruiz & Pav.	0	5	5	1.14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
24	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Lachemilla	Lachemilla peruvica	Lachemilla peruvica Ruiz & Pav.	18	25	43	9.84	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.3	
25	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Solanales	Solanaceae	Solanum	Solanum acule	Solanum acule Bitter	0	1	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
26	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Agrostis	Agrostis breviculmis	Agrostis breviculmis Hitchc.	0	90	90	20.9	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	-0.4	
27	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Bromus	Bromus catharticus	Bromus catharticus Vahl	1	0	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
28	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	Calamagrostis heterophylla	Calamagrostis heterophylla (Wedd.) Pilg.	2	4	6	1.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
29	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	Calamagrostis rigescens	Calamagrostis rigescens (J. Presl) Scribn.	65	4	69	15.9	0.5	0.0	0.3	0.0	0.0	-0.3	
30	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	Calamagrostis vicarum	Calamagrostis vicarum (Wedd.) Pilg.	0	106	106	24.8	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	-0.4	
31	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Disanthellium	Disanthellium calycium	Disanthellium calycium (J. Presl) Hitchc.	0	4	4	0.92	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
32	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Jarava	Jarava ichu	Jarava ichu Ruiz & Pav.	1	0	1	0.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
33	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Stipa	Stipa ichu	Stipa ichu Ruiz & Pav.	1	6	7	1.60	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
34	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Nassella	Nassella mucronata	Nassella mucronata (Kunt) C.W. Peck	0	25	25	5.72	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2
35	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Poa	Poa sp.	Poa sp.	4	0	4	0.92	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
36	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Paspalum	Paspalum pygmaeum	Paspalum pygmaeum Hitchc.	5	0	5	1.14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
37	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Juncaceae	Ditricha	Ditricha acicularis	Ditricha acicularis Baker & Langsd.	1	10	11	2.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
Total									128	309	437	100.0	1.0	1.0	0.3	0.2	-1.9	-2.0	

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; P1%: Abundancia relativa total; P1: Abundancia relativa del PMB-01; P12: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Registro de especies de flora en el área de estudio - 2022

N°	REINO	DIVISIÓN	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	PAJONAL		Total	P1 %	P11	P12	P12 1	P12 2	P1*Ln*P1 1	P1*Ln*P1 2
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Achyrocline	Achyrocline alata	Achyrocline alata (Kunth) DC.	1	0	1	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	Baccharis canaliculata	Baccharis canaliculata (Ruiz & Pav.) Pers.	0	1	1	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	Baccharis tricornata	Baccharis tricornata Wedd.	1	0	1	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

4	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Baccharis	<i>Baccharis latifolia</i>	<i>Baccharis latifolia</i> (Ruiz & Pav.) Poir.	1	0	1	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
5	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Bellota	<i>Bellota</i> sp.	<i>Bellota</i> sp.	0	15	15	1.61	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
6	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Bidens	<i>Bidens andicola</i>	<i>Bidens andicola</i> Kunth	1	0	1	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
7	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Cotula	<i>Cotula australis</i>	<i>Cotula australis</i> (Cobler ex Spreng) Hook. f.	0	6	6	0.72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
8	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Gnaphalium	<i>Gnaphalium americana</i>	<i>Gnaphalium americana</i> (Mill.) Wedd.	1	59	60	7.22	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	
9	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Paranephthium	<i>Paranephthium ovatum</i>	<i>Paranephthium ovatum</i> A. Gray ex Wedd.	0	12	12	1.44	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
10	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Paranephthium	<i>Paranephthium uniflorum</i>	<i>Paranephthium uniflorum</i> Poepp.	0	7	7	0.84	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
11	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Senecio	<i>Senecio evocoides</i>	<i>Senecio evocoides</i> Sch. Bip.	0	1	1	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Senecio	<i>Senecio colinus</i>	<i>Senecio colinus</i> DC.	3	19	22	2.65	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
13	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Taraxacum	<i>Taraxacum officinale</i>	<i>Taraxacum officinale</i> F.H. Wigg.	1	0	1	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
14	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	Werneria	<i>Werneria caespitosa</i>	<i>Werneria caespitosa</i> Wedd.	2	18	20	2.41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	
15	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Capitella	<i>Capitella burzastatoris</i>	<i>Capitella burzastatoris</i> (L.) Medik.	0	1	1	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
16	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Descurainia	<i>Descurainia myrsophylla</i>	<i>Descurainia myrsophylla</i> (Willd. ex DC.) R.E. Fr.	10	1	11	1.32	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2	
17	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Brassicales	Brassicaceae	Lepidium	<i>Lepidium bipinnatifidum</i>	<i>Lepidium bipinnatifidum</i> Desv.	1	2	3	0.36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
18	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Caryophyllaceae	Silene	<i>Silene</i> sp.	<i>Silene</i> sp.	0	1	1	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
19	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Caryophyllales	Polygonaceae	Muehlenbeckia	<i>Muehlenbeckia vulcanica</i>	<i>Muehlenbeckia vulcanica</i> (Berth.) Endl.	1	0	1	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
20	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Astragalus	<i>Astragalus garbancillo</i>	<i>Astragalus garbancillo</i> Cav.	0	2	2	0.24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
21	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Fabales	Fabaceae	Trifolium	<i>Trifolium amabile</i>	<i>Trifolium amabile</i> Kunth	0	8	8	0.96	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
22	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Geraniales	Rubiaceae	Gallium	<i>Gallium</i> sp.	<i>Gallium</i> sp.	0	3	3	0.36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
23	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Lamiales	Scrophulariaceae	Buddleja	<i>Buddleja</i> sp.	<i>Buddleja</i> sp.	0	1	1	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
24	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Myrtales	Onagraceae	Epilobium	<i>Epilobium denticulatum</i>	<i>Epilobium denticulatum</i> Ruiz & Pav.	12	0	12	1.44	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2	
25	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Rosaceae	Lachemilla	<i>Lachemilla pinnata</i>	<i>Lachemilla pinnata</i> Ruiz & Pav.	28	29	57	6.86	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.3	
26	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Rosales	Urticaceae	Urtica	<i>Urtica echinata</i>	<i>Urtica echinata</i> Berth.	0	1	1	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
27	Plantae	Magnoliophyta	Magnoliopsida	Solanales	Solanaceae	Solanum	<i>Solanum acule</i>	<i>Solanum acule</i> Bitter	0	18	18	2.17	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
28	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Acicline	<i>Acicline aciculata</i>	<i>Acicline aciculata</i> Langsd.	0	24	24	2.89	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
29	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Agrastris	<i>Agrastris breviculmis</i>	<i>Agrastris breviculmis</i> Hitchc.	0	47	47	5.66	0.0	0.1	0.0	0.0	-0.2	
30	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Bromus	<i>Bromus catharticus</i>	<i>Bromus catharticus</i> Vahl	1	0	1	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
31	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis heterophylla</i>	<i>Calamagrostis heterophylla</i> (Wedd.) Pilg.	3	27	30	3.61	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
32	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis brevifolia</i>	<i>Calamagrostis brevifolia</i> (L. Presl) Steud.	0	7	7	0.84	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
33	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis rigens</i>	<i>Calamagrostis rigens</i> (L. Presl) Scribn.	51	2	53	6.38	0.3	0.0	0.1	0.0	-0.4	
34	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis vicinarum</i>	<i>Calamagrostis vicinarum</i> (Wedd.) Pilg.	0	198	198	23.83	0.0	0.3	0.0	0.1	-0.4	
35	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Dicentanthum	<i>Dicentanthum calycinum</i>	<i>Dicentanthum calycinum</i> (L. Presl) Hitchc.	0	8	8	0.96	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
36	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Festuca	<i>Festuca distachyoides</i>	<i>Festuca distachyoides</i> (L. Presl)	5	30	35	4.21	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
37	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Jarava	<i>Jarava ichu</i>	<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav.	4	10	14	1.68	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
38	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Sipa	<i>Sipa ichu</i>	<i>Sipa ichu</i> Ruiz & Pav.	2	23	25	3.01	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
39	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Nassella	<i>Nassella mucronata</i>	<i>Nassella mucronata</i> (Kunth) R.W. Poir.	0	28	28	3.37	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
40	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Poa	<i>Poa</i> sp.	<i>Poa</i> sp.	20	0	20	2.41	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2	
41	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Poaceae	Paspalum	<i>Paspalum pygmaeum</i>	<i>Paspalum pygmaeum</i> Hack.	1	20	21	2.53	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
42	Plantae	Magnoliophyta	Liliopsida	Poales	Juncaceae	Distichlis	<i>Distichlis aciculata</i>	<i>Distichlis aciculata</i> (Cobler & Langsd.)	42	9	51	6.14	0.2	0.0	0.0	0.0	-0.3	
43	Plantae	Magnoliophyta	Gnetales	Ephedrales	Ephedraceae	Ephedra	<i>Ephedra ripens</i>	<i>Ephedra ripens</i> Berth.	0	1	1	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
Total									192	639	831	100.0	1.0	1.0	0.2	0.1	-2.2	-2.7

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; P%: Abundancia relativa total; P1: Abundancia relativa del PMB-01; P2: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Ornitofauna

Registro de especies de ornitofauna en el área de estudio - 2018

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PAJONAL		Total	Pi %	Pi 1	Pi 2	Pf 1	Pf 2	P(Ln)Pi 1	P(Ln)Pi 2	
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²									
1	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Passerellidae	Zonotrichia	Zonotrichia capensis	Gorrón de Collar Rufo (Pichisanka)	3	5	8	14.29	0.2	0.1	0.1	0.0	-0.3	-0.3	
2	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Cinodoides	Cinodoides atacamensis	Churrete de Ala Blanca	4	5	9	16.07	0.3	0.1	0.1	0.0	-0.4	-0.3	
3	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Cinodoides	Cinodoides albiventris	Churrete de Ala Crema	2	5	7	12.50	0.2	0.1	0.0	0.0	-0.3	-0.3	
4	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Upucerthia	Upocerthia valisirostris	Trepador de pechos beige	0	3	3	5.36	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2	
5	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Catamenia	Catamenia inornata	Semillero de color liso	2	4	6	10.71	0.2	0.1	0.0	0.0	-0.3	-0.2	
6	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Geospizopsis	Geospizopsis plebejus	Pinzón sierra de pecho fresco	0	10	10	17.86	0.0	0.2	0.0	0.1	0.0	-0.3	
7	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Phrygilus	Phrygilus punensis	Pinzón sierra peruano	0	9	9	16.07	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	-0.3	
8	Animalia	Chordata	Aves	Charadriiformes	Laridae	Chroicocephalus	Chroicocephalus serranus	Gaviota Andina	0	1	1	1.79	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	
9	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Picidae	Colaptes	Colaptes rupicola	Carpintero Andino	2	1	3	5.36	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.1
Total									13	43	56	100.0	1.0	1.0	0.2	0.2	-1.6	-2.0	

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; Pi%: Abundancia relativa total; Pi1: Abundancia relativa del PMB-01; Pi2: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Registro de especies de ornitofauna en el área de estudio - 2019

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PAJONAL		Total	Pi %	Pi 1	Pi 2	Pf 1	Pf 2	P(Ln)Pi 1	P(Ln)Pi 2
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Animalia	Chordata	Aves	Pelecaniformes	Threskiornithidae	Plegadis	Plegadis ridgwayi	Ibis de la pura (Yanavico)	0	2	2	2.44	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.1
2	Animalia	Chordata	Aves	Charadriiformes	Laridae	Chroicocephalus	Chroicocephalus serranus	Gaviota Andina	3	2	5	6.10	0.1	0.1	0.0	0.0	-0.2	-0.1
3	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Picidae	Colaptes	Colaptes rupicola	Carpintero Andino	3	2	5	6.10	0.1	0.1	0.0	0.0	-0.2	-0.1
4	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Passerellidae	Zonotrichia	Zonotrichia capensis	Gorrón de Collar Rufo	5	4	9	10.98	0.1	0.1	0.0	0.0	-0.3	-0.2
5	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Cinodoides	Cinodoides atacamensis	Churrete de Ala Blanca	2	3	5	6.10	0.0	0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.2
6	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Cinodoides	Cinodoides albiventris	Churrete de Ala Crema	12	4	16	19.51	0.3	0.1	0.1	0.0	-0.4	-0.2
7	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Catamenia	Catamenia inornata	Semillero de color liso	9	11	20	24.39	0.2	0.3	0.0	0.1	-0.3	-0.4
8	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Geospizopsis	Geospizopsis plebejus	Pinzón sierra de pecho fresco	0	6	6	7.32	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	-0.3
9	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Sicalis	Sicalis unygyialis	Chirigí de Lomo Brillante	8	6	14	17.07	0.2	0.2	0.0	0.0	-0.3	-0.3
Total									42	40	82	100.0	1.0	1.0	0.2	0.2	-1.8	-2.0

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; Pi%: Abundancia relativa total; Pi1: Abundancia relativa del PMB-01; Pi2: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Registro de especies de ornitofauna en el área de estudio - 2020

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PAJONAL		Total	Pi %	Pi 1	Pi 2	Pf 1	Pf 2	P(Ln)Pi 1	P(Ln)Pi 2
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Animalia	Chordata	Aves	Anseriformes	Anatidae	Chloephaga	Chloephaga melanoptera	Ganso Huastata	0	2	2	1.83	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
2	Animalia	Chordata	Aves	Charadriiformes	Laridae	Chroicocephalus	Chroicocephalus serranus	Gaviota Andina	5	3	8	7.34	0.2	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.1
3	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Picidae	Colaptes	Colaptes rupicola	Carpintero Andino	1	1	2	1.83	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
4	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Fringillidae	Spinus	Spinus atratus	Jigüero Negro	6	2	8	7.34	0.2	0.0	0.0	0.0	-0.3	-0.1
5	Animalia	Chordata	Aves	Pelecaniformes	Threskiornithidae	Plegadis	Plegadis ridgwayi	Ibis de la pura (Yanavico)	0	1	1	0.92	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
6	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Cinodoides	Cinodoides fuscus	Churrete de ala barnada	6	18	24	22.02	0.2	0.2	0.0	0.1	-0.3	-0.3
7	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Geospizopsis	Geospizopsis plebejus	Pinzón sierra de pecho fresco	0	6	6	5.50	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2
8	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Phrygilus	Phrygilus punensis	Pinzón sierra peruano	7	12	19	17.43	0.2	0.2	0.0	0.0	-0.3	-0.3

9	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Turdidae	Turdus	Turdus chiguanco	Zorzal Chiguanco	0	1	1	0.92	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1
10	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Upucerthia	Upucerthia validirostris	Trepador de pechos beige	0	1	1	0.92	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1
11	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Passerellidae	Zonotrichia	Zonotrichia capensis	Gorrón de Collar Rubo	8	29	37	33.94	0.2	0.4	0.1	0.1	-0.3	-0.4
Total									33	76	109	100.0	1.0	1.0	0.2	0.2	-1.7	-1.7

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; P%: Abundancia relativa total; P1: Abundancia relativa del PMB-01; P12: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Registro de especies de ornitofauna en el área de estudio - 2021

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PAJONAL		Total	P%	P1	P2	P1 ¹	P2 ²	P1Ln ¹	P2Ln ²
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Animalia	Chordata	Aves	Charadriiformes	Laridae	Chroicocephalus	Chroicocephalus serranus	Gavieta Andina	3	7	10	3.37	0.0	0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.1
2	Animalia	Chordata	Aves	Falconiformes	Falconidae	Daptus	Daptus megalopterus	Matamico Andino	0	1	1	0.34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Fringillidae	Spinus	Spinus stratus	Jilguero Negro	2	4	6	2.02	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
4	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Cinclodes	Cinclodes fuscus	Chumete de ala barrada	10	17	27	9.09	0.1	0.1	0.0	0.0	0.2	-0.3
5	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Upucerthia	Upucerthia validirostris	Trepador de pechos beige	0	2	2	0.67	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
6	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Passerellidae	Zonotrichia	Zonotrichia capensis	Gorrón de Collar Rubo	25	60	85	28.62	0.2	0.4	0.0	0.2	-0.3	-0.4
7	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Phrygilus	Phrygilus punensis	Piracín sierra peruano	1	3	4	1.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
8	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Sicalis	Sicalis uropigalis	Chirique de lomo brillante	91	31	122	41.08	0.6	0.2	0.3	0.0	-0.3	-0.3
9	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Catamenia	Catamenia inornata	Semillero de color liso	14	0	14	4.71	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2	0.0
10	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Turdidae	Turdus	Turdus chiguanco	Zorzal Chiguanco	0	1	1	0.34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Animalia	Chordata	Aves	Pelecaniformes	Threskiornithidae	Plegadis	Plegadis ridgwayi	Ibis de la puna (Yanacoi)	9	11	20	6.73	0.1	0.1	0.0	0.0	-0.2	-0.2
12	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Picidae	Colaptes	Colaptes rupicola	Carpintero Andino	2	3	5	1.68	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
Total									157	140	297	100.0	1.0	1.0	0.4	0.3	-1.4	-1.7

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; P%: Abundancia relativa total; P1: Abundancia relativa del PMB-01; P12: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Registro de especies de ornitofauna en el área de estudio - 2022

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PAJONAL		Total	P%	P1	P2	P1 ¹	P2 ²	P1Ln ¹	P2Ln ²
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Animalia	Chordata	Aves	Charadriiformes	Laridae	Chroicocephalus	Chroicocephalus serranus	Gavieta Andina	0	53	53	7.33	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2
2	Animalia	Chordata	Aves	Piciformes	Picidae	Colaptes	Colaptes rupicola	Carpintero Andino	4	8	12	1.66	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
3	Animalia	Chordata	Aves	Falconiformes	Falconidae	Daptus	Daptus megalopterus	Matamico Andino	0	10	10	1.38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
4	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Fringillidae	Spinus	Spinus stratus	Jilguero Negro	2	8	10	1.38	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
5	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Upucerthia	Upucerthia validirostris	Trepador de pechos beige	1	2	3	0.41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Cinclodes	Cinclodes albiventris	Chumete de Ala Crema	4	5	9	1.24	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0
7	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Furnariidae	Asthenes	Asthenes modesta	Canastero Cordillerano	3	9	12	1.66	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
8	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Muscisaxicola	Muscisaxicola griseus	Dormilona de Tacanawasi	1	3	4	0.55	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Muscisaxicola	Muscisaxicola junnerensis	Dormilona de la Puna	2	11	13	1.80	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
10	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Tyrannidae	Muscisaxicola	Muscisaxicola rufivertex	Dormilona de Nuca Rojiza	2	5	7	0.97	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.0
11	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Troglodytidae	Troglodytes	Troglodytes aedon	Reyezuelo doméstico	1	4	5	0.69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Turdidae	Turdus	Turdus chiguanco	Zorzal Chiguanco	0	1	1	0.14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Passerellidae	Zonotrichia	Zonotrichia capensis	Gorrón de Collar Rubo	85	250	335	46.33	0.5	0.5	0.2	0.2	-0.4	-0.4
14	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Phrygilus	Phrygilus punensis	Piracín sierra peruano	1	5	6	0.83	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Geospizopsis	Geospizopsis plebejus	Piracín sierra de pecho fresco	2	7	9	1.24	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	-0.1
16	Animalia	Chordata	Aves	Passeriformes	Thraupidae	Sicalis	Sicalis uropigalis	Chirique de lomo brillante	46	135	181	25.03	0.3	0.2	0.1	0.1	-0.4	-0.3
17	Animalia	Chordata	Aves	Pelecaniformes	Threskiornithidae	Plegadis	Plegadis ridgwayi	Ibis de la puna (Yanacoi)	23	30	53	7.33	0.1	0.1	0.0	0.0	-0.3	-0.2
Total									177	546	723	100.0	1.0	1.0	0.3	0.3	-1.5	-1.7

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; P%: Abundancia relativa total; P1: Abundancia relativa del PMB-01; P12: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Mastofauna

Registro de especies de mastofauna en el área de estudio - 2018

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PAJONAL		Total	Pi %	Pi 1	Pi 2	Pi ² 1	Pi ² 2	Pi*Ln*Pi 1	Pi*Ln*Pi 2
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Akodon	cf. Akodon albiventris	"Ratón Campesino de Yungas Blancas"	1	0	1	100.00	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
Total									1	0	1	100.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; Pi%: Abundancia relativa total; Pi1: Abundancia relativa del PMB-01; Pi2: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Registro de especies de mastofauna en el área de estudio - 2019

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PAJONAL		Total	Pi %	Pi 1	Pi 2	Pi ² 1	Pi ² 2	Pi*Ln*Pi 1	Pi*Ln*Pi 2
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Phyllotis	cf. Phyllotis magister	Ratón orejón maestro	0	1	1	100.00	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0
Total									0	1	1	100.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; Pi%: Abundancia relativa total; Pi1: Abundancia relativa del PMB-01; Pi2: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Registro de especies de mastofauna en el área de estudio - 2020

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PAJONAL		Total	Pi %	Pi 1	Pi 2	Pi ² 1	Pi ² 2	Pi*Ln*Pi 1	Pi*Ln*Pi 2
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Auliscomys	Auliscomys pictus	Ratón orejón pintado	0	10	10	100.00	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0
Total									0	10	10	100.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; Pi%: Abundancia relativa total; Pi1: Abundancia relativa del PMB-01; Pi2: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Registro de especies de mastofauna en el área de estudio - 2021

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PAJONAL		Total	Pi %	Pi 1	Pi 2	Pi ² 1	Pi ² 2	Pi*Ln*Pi 1	Pi*Ln*Pi 2
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Thomasomys	Thomasomys incanus	Ratón montañés incaico	2	0	2	40.00	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
2	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Auliscomys	Auliscomys pictus	Ratón orejón pintado	0	2	2	40.00	0.0	0.7	0.0	0.4	0.0	-0.3
3	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Neotomys	Neotomys ebrius	Ratón de humedales andino	0	1	1	20.00	0.0	0.3	0.0	0.1	0.0	-0.4
Total									2	3	5	100	1	1.0	1	0.6	0	-0.6

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; Pi%: Abundancia relativa total; Pi1: Abundancia relativa del PMB-01; Pi2: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Registro de especies de mastofauna en el área de estudio - 2022

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE CIENTIFICO	PAJONAL		Total	Pi %	Pi 1	Pi 2	Pi ² 1	Pi ² 2	Pi*Ln*Pi 1	Pi*Ln*Pi 2
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Auliscomys	Auliscomys pictus	Ratón Orejudo Pintado	2	8	10	55.56	0.7	0.5	0.4	0.3	-0.3	-0.3
2	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Akodon	Akodon juninensis	Ratón de Pasto de Junín	1	1	2	11.11	0.3	0.1	0.1	0.0	-0.4	-0.2
3	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Thomasomys	Thomasomys incanus	Ratón montañés incaico	0	1	1	5.56	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.2
4	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Abrothrix	Abrothrix jelskii	Ratón Tricolor	0	3	3	16.67	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	-0.3
5	Animalia	Chordata	Mammalia	Rodentia	Cricetidae	Neotomys	Neotomys ebrius	Ratón de humedales andino	0	2	2	11.11	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	-0.3
Total									3	15	18	100	1	1.0	0.6	0.4	-0.6	-1.3

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; Pi%: Abundancia relativa total; Pi1: Abundancia relativa del PMB-01; Pi2: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Herpetofauna

Registro de especies de herpetofauna en el área de estudio – 2018 al 2020

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PAJONAL		Total	Pi %	Pi 1	Pi 2	Pi ² 1	Pi ² 2	Pi*Ln*Pi 1	Pi*Ln*Pi 2
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total									0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; Pi%: Abundancia relativa total; Pi1: Abundancia relativa del PMB-01; Pi2: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Registro de especies de herpetofauna en el área de estudio - 2021

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PAJONAL		Total	Pi %	Pi 1	Pi 2	Pi ² 1	Pi ² 2	Pi*Ln*Pi 1	Pi*Ln*Pi 2
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Animalia	Chordata	Reptilia	Squamata	Liolaemidae	Liolaemus	<i>Liolaemus walkeri</i>	lagartija	0	1	1	100.00	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0
Total									0	1	1	100.00	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; Pi%: Abundancia relativa total; Pi1: Abundancia relativa del PMB-01; Pi2: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

Registro de especies de herpetofauna en el área de estudio - 2022

N°	REINO	FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	PAJONAL		Total	Pi %	Pi 1	Pi 2	Pi ² 1	Pi ² 2	Pi*Ln*Pi 1	Pi*Ln*Pi 2
									PMB-01 ¹	PMB-02 ²								
1	Animalia	Chordata	Reptilia	Squamata	Liolaemidae	Liolaemus	<i>Liolaemus walkeri</i>	lagartija	1	0	1	7.14	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
2	Animalia	Chordata	Amphibia	Anura	Bufoidea	Rhinella	<i>Rhinella spinulosa</i>	Sapo espinoso	0	13	13	92.86	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0
Total									1	13	14	100	1	1.0	1.0	1.0	0.0	0.0

PMB-01¹: Punto de monitoreo de código PMB-01; PMB-02²: Punto de monitoreo de código PMB-02; Pi%: Abundancia relativa total; Pi1: Abundancia relativa del PMB-01; Pi2: Abundancia relativa del PMB-02; Ln: Logaritmo natural; 1: PMB-01; 2: PMB-02

PROCEDIMIENTO DE VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.13. Apellidos y nombres del informante: **Vivas Bancallan Miguel Alejandro**
- 1.14. Grado académico: **Magister en Gestión Ambiental**
- 1.15. Cargo e institución donde labora: **Analista de Gestión Ambiental - MAPSAC**
- 1.16. Título de la Investigación: **Identificación de Especies de Flora y Fauna en la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior, en Cerro de Pasco en el Año 2023.**
- 1.17. Autor del instrumento: **Bach. Jazmin Yoselin Jara Carhuarica**
- 1.18. Nombre del instrumento: **Ficha de registro de datos y Guías de análisis documentario**

II. FICHA DE REGISTRO DE ESPECIES DE FLORA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

N°	Reino	División	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie	Nombre Científico	Pajonal	Pajonal	Total
									PMB-01	PMB-02	
1											
2											
3											
4											

n											

Lima, 31 de diciembre de 2023	43838898	 MIGUEL ALEJANDRO VIVAS BANCALLAN CBP 11284	992562002
Lugar y fecha	N° de DNI	Firma del experto	N° de celular

III. FICHA DE REGISTRO DE ESPECIES DE ORNITOFAUNA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

N°	Reino	Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie	Nombre Común	Pajonal		Total
									PMB-01	PMB-02	
1											
2											
3											
4											

n											

Lima, 31 de diciembre de 2023	43838898		992562002
Lugar y fecha	N° de DNI	Firma del experto	N° de celular

V. FICHA DE REGISTRO DE ESPECIES DE HERPETOFAUNA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

N°	Reino	Filo	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie	Nombre Común	Pajonal		Total
									PMB-01	PMB-02	
1											
2											
3											
4											

n											

Lima, 31 de diciembre de 2023	43838898	 BLCY MIGUEL ALEJANDRO VIVAS BANCALLAN CBP 11284	992562002
Lugar y fecha	N° de DNI	Firma del experto	N° de celular

VI. GUÍAS DE ANÁLISIS DOCUMENTARIO

Para la evaluación de los grupos taxonómicos de la flora, ornitofauna, mastofauna y herpetofauna registradas en las fichas de registro, se utilizaron metodologías estandarizadas, siguiendo las indicaciones establecidas en:

- Guía de Inventario de la Flora y Vegetación, aprobado por Resolución Ministerial N° 059-2015-MINAM. Descargar la guía en el siguiente enlace: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/03/RM-N%C2%B0-059-2015-MINAM.pdf>
- Guía de Inventario de la Fauna Silvestre, aprobado por Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM. Descargar la guía en el siguiente enlace: <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2015/03/RM-N%C2%B0-057-2015-MINAM1.pdf>

VII. OPINIÓN DE APLICACIÓN

Lima, 31 de diciembre de 2023	43838898		992562002
Lugar y fecha	N° de DNI	Firma del experto	N° de celular



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

1.13. Apellidos y nombres del informante: BETUWILL DANIEL ORIZANO QUISPE

1.14. Grado académico: INGENIERO AMBIENTAL

1.15. Cargo e institución donde labora: ESPECIALISTA DE ANP - SERNANP

1.16. Título de la Investigación: Identificación de Especies de Flora y Fauna en la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior, en Cerro de Pasco en el Año 2023.

1.17. Autor del instrumento: Bach. Jazmin Yoselin Jara Carhuarica

1.18. Nombre del instrumento: Ficha de registro de datos y Guías de análisis documentario

II. FICHA DE REGISTRO DE ESPECIES DE FLORA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

N°	Reino	División	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie	Nombre Científico	Pajonal	Pajonal	Total
									PMB-01	PMB-02	
1											
2											
3											
4											

n											

Oxapampa, 18 de marzo 2024	47695803	 Firmado digitalmente por ORIZANO QUISPE Betuwill Daniel FAU 20478053178 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 18.03.2024 10:39:16 -05:00	999087512
Lugar y fecha	N° de DNI	Firma del experto	N° de celular



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS GENERALES

- 1.13. Apellidos y nombres del informante:** Magallanes Reyes Claudio Alberto
1.14. Grado académico: Magister en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible
1.15. Cargo e institución donde labora: Biólogo – Encargado del Laboratorio de Control Biológico, Municipalidad de Miraflores - Lima
1.16. Título de la Investigación: Identificación de Especies de Flora y Fauna en la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior, en Cerro de Pasco en el Año 2023.
1.17. Autor del instrumento: Bach. Jazmin Yoselin Jara Carhuaricra
1.18. Nombre del instrumento: Ficha de registro de datos y Guías de análisis documental

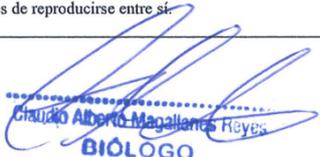
II. FICHA DE REGISTRO DE ESPECIES DE FLORA EN EL ÁREA DE ESTUDIO

N°	Reino	División	Clase	Orden	Familia	Genero	Especie+	Nombre* Científico	Pajonal		Total
									PMB-01	PMB-02	
1											
2											
3											
4											

n											

* Es la designación formal y universal de una especie en la nomenclatura binomial.

+ Es la categoría taxonómica que agrupa organismos similares capaces de reproducirse entre sí.

Lima, 20 de marzo de 2024	10135769	 Claudio Alberto Magallanes Reyes BIÓLOGO C.B.P. 7496	942406175
Lugar y fecha	N° de DNI	Firma del experto	N° de celular