

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Análisis de la estabilidad química y biológica en el cierre del depósito de la
Desmontera Excelsior, Distrito de Simón Bolívar-2024**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Bach. Ruth Noelia ARCE VENTURA

Bach. Brenda Noely ESPINOZA EVANGELISTA

Asesor:

Mg. Lucio ROJAS VITOR

Cerro de Pasco – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



T E S I S

**Análisis de la estabilidad química y biológica en el cierre del depósito de la
Desmontera Excelsior, Distrito de Simón Bolívar-2024**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Eleuterio Andrés ZA VALETA SÁNCHEZ
PRESIDENTE

Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS
MIEMBRO

Mg. Edgar Walter PEREZ JUZCAMAYTA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 024-2026-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:

Análisis de la estabilidad química y biológica en el cierre del depósito de la Desmontera Excelsior, Distrito de Simón Bolívar-2024

Apellidos y nombres de los tesisistas

Bach. Ruth Noelia, ARCE VENTURA

Bach. Brenda Noely, ESPINOZA EVANGELISTA

Apellidos y nombres del Asesor:

Mg. Lucio ROJAS VITOR

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Ambiental

Índice de Similitud

6 %

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 4 de junio del 2026



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 04.06.2026 19:12:16 -05:00

DEDICATORIA

Con todo mi amor y eterna gratitud, dedico esta tesis a mis queridos padres, Job y Edith, quienes han sido el pilar más importante de mi vida. Gracias por cada sacrificio realizado, por sus consejos, por su paciencia y por brindarme siempre su apoyo incondicional en cada etapa de mi formación. Ustedes me enseñaron que con esfuerzo, humildad y dedicación los sueños pueden hacerse realidad. Este logro no solo me pertenece a mí, sino también a ustedes, porque detrás de cada paso que doy están su amor, sus enseñanzas y el inmenso esfuerzo que hicieron para verme crecer y convertirme en una mejor persona y profesional.

A mis hermanas, por acompañarme en este camino, por sus palabras de aliento, por su cariño sincero y por estar presentes tanto en los momentos felices como en aquellos de dificultad. Su apoyo y confianza en mí fueron una motivación constante para seguir adelante y nunca perder la esperanza.

Asimismo, dedico este trabajo a todos mis familiares, quienes de una u otra manera estuvieron presentes brindándome su apoyo, comprensión y ánimo durante este proceso. Gracias por creer en mí, por celebrar mis avances y por recordarme siempre que los sueños se alcanzan con perseverancia y dedicación.

Hoy culmino esta etapa con el corazón lleno de gratitud, porque sé que este logro es el reflejo del amor, la confianza y el apoyo de cada una de las personas que caminaron a mi lado. Esta tesis representa no solo años de estudio y esfuerzo, sino también el cariño y la motivación que recibí de mi familia, quienes fueron mi mayor inspiración para nunca rendirme.

(Arce Ventura Ruth Noelia)

Dedico este logro a mi padre Hernán, por ser el principal referente en mi formación y la inspiración que me motivó a cursar la carrera de Ingeniería, me dio los medios y el soporte necesario para luchar por mis sueños. Gracias por cada palabra de aliento, por tu apoyo incondicional y por enseñarme el valor del conocimiento. Hago propia la frase que define tu rol en mi vida: “valor de un aliento tan firme que hace imperceptible cualquier adversidad externa”.

A mi madre Nedelia, pilar fundamental de mi vida y ejemplo admirable de fortaleza y perseverancia. Su valentía ante la adversidad me enseñó el verdadero significado de la resiliencia, de ella proviene la fuerza que me impulsa a seguir adelante y a no rendirme ante las dificultades. Gracias por creer en mí, por impulsarme a ser mejor y por estar presente en cada etapa de mi vida.

A mis hermanos, Ney, Chavelit y Dainelly, con quienes he compartido cada etapa de mi vida y cada desafío que nos enseñó a salir adelante. Desde pequeños, aprendimos a ser soporte los unos para los otros, enfrentando las dificultades con fortaleza, unión y determinación. Este logro no es solo mío, es el resultado de nuestra historia, de nuestra lucha y del amor que nos ha mantenido firmes a lo largo del tiempo.

Finalmente me dedico este logro, como símbolo de crecimiento, aprendizaje y superación personal, me reconozco con orgullo por transformar cada desafío en una oportunidad para crecer. Hoy abrazo este logro con gratitud y satisfacción, porque es la prueba de mi perseverancia y del compromiso que tuve conmigo misma para llegar hasta aquí.

(Espinoza Evangelista Brenda Noely)

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a Dios por acompañarnos durante todo este proceso académico. En los momentos de incertidumbre nos brindó claridad, y en las dificultades nos concedió la fortaleza necesaria para perseverar. Concluimos esta etapa con gratitud y plena confianza en su propósito, reconociendo que lo alcanzado es resultado de su bondad y de su amor permanente en nuestras vidas.

RESUMEN

El presente estudio aborda la problemática ambiental generada por el depósito de desmontes Excélsior, ubicado en Cerro de Pasco, considerado uno de los pasivos ambientales mineros más importantes del Perú y América Latina. La investigación tuvo como objetivo evaluar la efectividad de las técnicas de estabilización química y biológica aplicadas durante el cierre del depósito, con el fin de determinar su contribución en la mitigación de impactos ambientales y sociales en las comunidades aledañas.

La investigación es de tipo aplicada y se desarrolló mediante el análisis de fundamentos técnicos, normativos y evaluaciones de campo, considerando parámetros como el Potencial Neto de Neutralización (PNN), así como la evaluación de coberturas, sistemas de drenaje y procesos de revegetación. Los resultados evidencian que el depósito presenta una tendencia a la generación de drenaje ácido debido a la presencia de material piritoso; sin embargo, las medidas implementadas, como coberturas tipo I y IV, sistemas de cunetas y programas de revegetación, han contribuido significativamente a mejorar la estabilidad física, química e hidrológica del área. Asimismo, se identificó la presencia de especies vegetales y faunísticas con alta capacidad de adaptación, lo que indica un proceso progresivo de recuperación ecológica.

El depósito presenta un comportamiento estable bajo las condiciones actuales de cierre. Las estrategias de remediación ambiental aplicadas han sido efectivas en la reducción de impactos negativos y en la recuperación del ecosistema, por lo que es necesario implementar programas de monitoreo y mantenimiento continuo para garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

Palabras clave: Remediación ambiental, pasivo minero, drenaje ácido, estabilidad química y revegetación.

ABSTRACT

This study addresses the environmental problems generated by the Excélsior waste rock dump, located in Cerro de Pasco, considered one of the most significant mining-related environmental liabilities in Peru and Latin America. The research aimed to evaluate the effectiveness of the chemical and biological stabilization techniques applied during the dump's closure, in order to determine their contribution to mitigating environmental and social impacts on the surrounding communities.

This applied research was conducted through the analysis of technical and regulatory foundations and field assessments, considering parameters such as Net Neutralization Potential (NNP), as well as the evaluation of land cover, drainage systems, and revegetation processes. The results show that the dump exhibits a tendency to generate acid mine drainage due to the presence of pyritic material; however, the implemented measures, such as Type I and IV land cover, drainage systems, and revegetation programs, have significantly contributed to improving the physical, chemical, and hydrological stability of the area. Furthermore, the presence of plant and animal species with a high capacity for adaptation was identified, indicating a progressive process of ecological recovery.

The landfill exhibits stable behavior under the current closure conditions. The environmental remediation strategies implemented have been effective in reducing negative impacts and restoring the ecosystem; therefore, it is necessary to implement ongoing monitoring and maintenance programs to ensure long-term sustainability.

Keywords: Environmental remediation, mining liability, acid mine drainage, chemical stability, and revegetation.

INTRODUCCIÓN

El depósito de desmontes Excélsior, ubicado en la ciudad de Cerro de Pasco, representa uno de los casos más relevantes por su magnitud e impacto ambiental, al concentrar aproximadamente 55 millones de toneladas de residuos mineros dispuestos durante más de cuatro décadas de operación del tajo abierto Raúl Rojas. La acumulación de estos materiales ha generado alteraciones significativas en los componentes físicos, químicos y biológicos del entorno, destacando la modificación de las propiedades del suelo, la degradación del paisaje y la generación de drenaje ácido de mina, con la consecuente movilización de metales pesados. Estos procesos han representado un riesgo ambiental considerable para los ecosistemas circundantes y para las comunidades aledañas, afectando potencialmente su calidad de vida y desarrollo sostenible.

Actualmente, el proceso de cierre y remediación del depósito Excélsior está a cargo de Activos Mineros S.A.C. (AMSAC), entidad encargada de implementar medidas orientadas a garantizar la estabilidad física, química, hidrológica y biológica del área intervenida. Estas acciones incluyen la aplicación de coberturas impermeabilizantes, sistemas de drenaje, control de escorrentías y programas de revegetación, con el objetivo de reducir los impactos ambientales y promover la recuperación progresiva del ecosistema.

En este marco, la presente investigación se orienta a evaluar la efectividad de las técnicas de estabilización química y biológica aplicadas durante el cierre del depósito de la Desmontera Excélsior, con el fin de determinar su contribución en la mitigación de los impactos ambientales y sociales en las comunidades aledañas. Para ello, se analiza la estabilidad geoquímica del depósito mediante parámetros como el Potencial Neto de Neutralización (PNN), así como la eficiencia de los sistemas de cobertura y control hídrico implementados. Asimismo, se evalúa la adaptabilidad de la flora y fauna como indicadores biológicos del proceso de recuperación ambiental.

El trabajo de investigación busca aportar evidencia técnica y científica sobre la efectividad de las estrategias de remediación aplicadas en el depósito de desmontes Excélsior, fortaleciendo la base para futuras intervenciones en pasivos mineros similares y promoviendo una gestión ambiental sostenible en zonas impactadas por actividades extractivas.

Las autoras.

INDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación	3
1.3.	Formulación del problema	3
1.3.1.	Problema general	3
1.3.2.	Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos	3
1.4.1.	Objetivo general	3
1.4.2.	Objetivos específicos.....	3
1.5.	Justificación de la investigación	4
1.5.1.	Justificación teórica.....	4
1.5.2.	Justificación Metodológica	4
1.5.3.	Justificación Ambiental.....	5
1.5.4.	Justificación Social.....	5

1.5.5.	Justificación practica	5
1.6.	Limitaciones de la investigación	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	7
2.1.1.	Antecedentes a nivel internacional.....	7
2.1.2.	Antecedente a nivel nacional.....	10
2.1.3.	Antecedentes a nivel local.....	14
2.2.	Bases teóricas - científicas	17
2.2.1.	Pasivos Ambientales Mineros (PAM).....	17
2.2.2.	Gestión de los Pasivos Ambientales Mineros	17
2.2.3.	Etapas de gestión de pasivos ambientales mineros	18
2.2.4.	Cierre final y situación posterior al cierre	19
2.2.5.	Remediación ambiental	23
2.2.6.	Medidas de estabilización	23
2.2.7.	Remediación Biológica	24
2.2.8.	Estabilización Química	24
2.2.9.	Estabilización Biológica.....	26
2.3.	Definición de los términos básicos	28
2.4.	Formulación de hipótesis	31
2.4.1.	Hipótesis general	31
2.4.2.	Hipótesis específicas	31
2.5.	Identificación de las variables.....	32
2.5.1.	Variable independiente.....	32
2.5.2.	Variable dependiente.....	32

2.6.	Definición operacional de variables e indicadores.....	32
------	--	----

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación	34
3.2.	Nivel de investigación.....	34
3.3.	Métodos de investigación.....	35
3.4.	Diseño de investigación	35
3.5.	Población y muestra	35
3.5.1.	Población.....	35
3.5.2.	Muestra.....	36
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
3.6.1.	Técnicas.....	36
3.6.2.	Instrumentos	36
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	36
3.8.	Tratamiento estadístico	37
3.9.	Orientación ética filosófica y epistémica	37

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Descripción del trabajo de campo	38
4.1.1.	Ubicación de la zona a investigar.....	38
4.1.2.	Accesibilidad.....	40
4.1.3.	Desmontera Excelsior	41
4.1.4.	Topografía	41
4.1.5.	Geotecnia.....	41
4.1.6.	Geología	42

4.1.7. Geoquímica	42
4.1.8. Muestreos del Desmonte Excelsior	43
4.1.9. Composición mineralógica de muestras.....	44
4.1.10. Potencial neto de neutralización de las muestras	46
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	48
4.2.1. Evaluación de la Estabilidad química de la Desmontera Excelsior	48
4.2.2. Coberturas utilizadas en la estabilización química del depósito Excelsior	49
4.2.3. Análisis de las coberturas implementadas en el Depósito Excelsior	57
4.2.4. Análisis de Cobertura Tipo I	58
4.2.5. Análisis de Cobertura Tipo III	60
4.2.6. Estabilidad biológica	64
4.3. Prueba de hipótesis.....	110
4.3.1. Hipótesis general	110
4.3.2. Hipótesis específicas	110
4.4. Discusión de resultados	112
4.4.1. Potencial Neto de Neutralización.....	112
4.4.2. Métodos y Procesos de Remediación.....	113
4.4.3. Estabilidad Química y Biológica.....	113
4.4.4. Flora	116
4.4.5. Fauna	116

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1 Definición operacional de variables e indicadores	33
Tabla 2 Accesibilidad al depósito de Desmontes Excélsior	40
Tabla 3 Muestras Evaluadas	43
Tabla 4 Composición y abundancia mineralógica de la M-1	44
Tabla 5 Composición y abundancia mineralógica de la M-2	45
Tabla 6 Composición y abundancia mineralógica de la M-3	45
Tabla 7 Potencial Neto de Neutralización de las tres muestras	46
Tabla 8 Muestras en presencia de agua, oxígeno y actividad bacterial	47
Tabla 9 Riqueza total de Especies de Flora Silvestre	65
Tabla 10 Especies Amenazadas de Flora Silvestre Registrada en el Área de Estudio	71
Tabla 11 Riqueza total de Especies de Flora Silvestre registrada en el Área de Estudio	72
Tabla 12 Especies amenazadas de Flora Silvestre registrada en el Área de Estudio.....	80
Tabla 13 Análisis comparativo de los resultados de la temporada seca y Húmeda.....	81
Tabla 14 Riqueza total de especies de ornitofauna registrada en el área de estudio	86
Tabla 15 Especies amenazadas de ornitofauna registrada en el área de estudio	89
Tabla 16 Riqueza total de especies de ornitofauna registrada en el área de estudio	90
Tabla 17 Especies amenazadas de ornitofauna registrada en el área de estudio	94
Tabla 18 Riqueza total de Ornitofauna silvestre en las temporadas seca y húmeda.....	95
Tabla 19 Especies amenazadas de Ornitofauna en las temporadas seca y húmeda.....	97
Tabla 20 Riqueza total de especies de mamíferos menores registrada en el área de estudio ..	98
Tabla 21 Riqueza total de especies de mamíferos mayores registrada en el área de estudio	101
Tabla 22 Especies amenazadas de mamíferos registrados en el área de estudio	103
Tabla 23 Riqueza total de especies de mamíferos menores registrada en el área de estudio	105

Tabla 24 Riqueza total de Mamíferos menores en las Temporadas seca y húmeda.....	107
Tabla 25 Riqueza total de Mamíferos mayores en las temporadas seca y húmeda	109

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Esquema de institucionalidad peruana para remediación de PAMs.....	23
Figura 2 Ubicación de la Desmontera Excélsior.....	39
Figura 3 Sectorización del muestreo del Depósito de Desmontes Excélsior.....	43
Figura 4 Cobertura TIPO I.....	51
Figura 5 Cobertura TIPO II.....	52
Figura 6 Cobertura TIPO III	53
Figura 7 Cobertura TIPO IV	55
Figura 8 Cobertura TIPO V	56
Figura 9 Cobertura TIPO VI.....	57
Figura 10 Colocación de Material Impermeable	58
Figura 11 Colocación de Material granular	59
Figura 12 Colocación de Geotextil de Protección	60
Figura 13 Cuneta de coronación	60
Figura 14 Cunetas de Captación	61
Figura 15 Caja de captación.....	62
Figura 16 Pozas de almacenamiento de agua	62
Figura 17 Riqueza de las Familias registradas en los puntos de Evaluación - TS.....	67
Figura 18 Riqueza de los Órdenes registrados en los puntos de Evaluación - TS.....	67
Figura 19 Abundancia específica registradas en los puntos de Evaluación - TS.....	68
Figura 20 Órdenes más Importantes Registrados en los puntos de Evaluación - TS	68
Figura 21 Formas de crecimiento en función a Riqueza - TS.....	69
Figura 22 Formas de crecimiento en función a la abundancia - TS.....	69
Figura 23 Abundancia Específica de las especies más importantes - TS	70

Figura 24 Especies más Abundantes en el Área de Estudio - TS	70
Figura 25 Especie Citada en la Categorías de Conservación – TS	71
Figura 26 Riqueza de las familias más importantes en los puntos de evaluación - TH.....	75
Figura 27 Riqueza de los órdenes más importantes en los puntos de evaluación - TH.....	76
Figura 28 Abundancia de las familias más Importantes en los puntos de evaluación - TH	76
Figura 29 Abundancia de los órdenes más importantes en los puntos de evaluación - TH.....	77
Figura 30 Forma de crecimiento en función a Riqueza - TH	77
Figura 31 Forma de crecimiento en función a la Abundancia - TH	78
Figura 32 Abundancia específica de las especies más Importantes- TH	78
Figura 33 Especies más Abundantes en el Área de Estudio - TH	79
Figura 34 Especie citada en la categoría de conservación - TH	80
Figura 35 Análisis comparativo de riqueza por puntos de monitoreo y control.....	84
Figura 36 Análisis Comparativo de Abundancia por de puntos de Monitoreo y Control	84
Figura 37 Riqueza de familias registradas en los puntos de monitoreo - O	87
Figura 38 Riqueza de órdenes registrados en los puntos de monitoreo - O.....	87
Figura 39 Abundancia específica registradas en el área de estudio - O.....	88
Figura 40 Especies más abundantes registradas en el área de estudio - O	88
Figura 41 Especies registradas en las categorías de conservación - O	89
Figura 42 Riqueza de las familias más importantes en los puntos de monitoreo - O	91
Figura 43 Riqueza de los órdenes más importantes en los puntos de monitoreo - O	92
Figura 44 Abundancia específica de especies más importantes en el área de estudio - O	92
Figura 45 Especies más abundantes registradas en el área de estudio - O	93
Figura 46 Especies registradas en las categorías de conservación - O	94
Figura 47 Análisis comparativo de Riqueza por puntos de monitoreo y control - O	96
Figura 48 Análisis comparativo de Abundancia por puntos de monitoreo y control – O	96

Figura 49 Riqueza de mamíferos menores en comparación con puntos de control – TS.....	98
Figura 50 Abundancia de mamíferos menores en comparación de puntos de control – TS....	99
Figura 51 Abundancia específica más importantes de mamíferos menores – TS	99
Figura 52 <i>Auliscomys Pictus</i> , especie más abundante en el área de estudio	100
Figura 53 <i>Abrothrix jelskii</i> , segunda especie más abundante en el área de estudio	100
Figura 54 Riqueza de las familias mayores registrados en los puntos de monitoreo – TS....	101
Figura 55 Riqueza de los órdenes mayores registrados en los puntos de monitoreo - TS.....	102
Figura 56 <i>Akodon junisensis</i> , especie endémica del área de estudio	103
Figura 57 <i>Calomys miurus</i> , especie endémica del área de estudio.....	104
Figura 58 <i>Calomys sorellus</i> , especie endémica del área de estudio	104
Figura 59 Riqueza de mamíferos menores por puntos de monitoreo - TH.....	105
Figura 60 Abundancia de mamíferos menores por puntos de monitoreo - TH	106
Figura 61 Abundancia específica de mamíferos menores en el área de estudio- TH.....	106
Figura 62 <i>Auliscomys pictus</i> , especie más abundante en el área de estudio	107
Figura 63 Análisis comparativo de Riqueza por temporada seca y húmeda	108
Figura 64 Análisis comparativo de Abundancia por temporada seca y húmeda	108

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El depósito de desmontes Excélsior destaca por su magnitud e impacto, siendo reconocido como el pasivo ambiental minero de mayor envergadura registrado en el Perú y uno de los más significativos a nivel de América Latina. Se encuentra localizado en la ciudad de Cerro de Pasco y ocupa una extensión aproximada de 69 hectáreas, en las cuales se han dispuesto cerca de 55 millones de toneladas de residuos mineros generados por la explotación del tajo abierto Raúl Rojas, durante el periodo comprendido entre 1956 y 2000. (INGEMMET, 2022).

La disposición de desmontes mineros, ha originado alteraciones significativas en los componentes físicos del medio ambiente. Entre los principales impactos se evidencian la modificación de las propiedades físico-químicas del suelo, la degradación progresiva del paisaje y la generación de drenaje ácido de mina, fenómeno que favorece la solubilización y movilización de metales pesados. En consecuencia, dichas condiciones representan un riesgo ambiental relevante, con potenciales efectos

adversos sobre la estabilidad de los ecosistemas, la salud humana y la viabilidad del desarrollo sostenible en la zona de estudio.

Actualmente, la remediación integral del área se encuentra a cargo de Activos Mineros S.A.C. (AMSAC), entidad pública del Estado peruano especializada en la gestión técnica de pasivos ambientales mineros. El proceso de cierre de la Desmontera Excélsior, contempla la implementación de medidas orientadas a garantizar la estabilidad física, química, hidrológica y biológica de las áreas intervenidas, con el propósito de minimizar el riesgo de deslizamientos, particularmente frente a eventos sísmicos, así como de prevenir la generación de drenaje ácido con elevadas concentraciones de metales pesados. Asimismo, incorpora un manejo integral y eficiente de las aguas pluviales, mediante su captación, conducción y evacuación controlada, con el fin de reducir el contacto del escurrimiento superficial con los desmontes mineros. Estas acciones están orientadas a la recuperación progresiva de la calidad ambiental del área intervenida, buscando alcanzar condiciones ambientales comparables a las existentes antes del inicio de las actividades mineras.

En este contexto, se identifica como problema central la necesidad de evaluar y fortalecer las estrategias de remediación ambiental implementadas durante el cierre de la Desmontera Excélsior, con el fin de determinar su efectividad en la mitigación de impactos ambientales y sociales, estabilidad química y biológica. A la fecha, no se dispone información suficiente de estudios integrales que permitan analizar de manera sistemática los resultados del proceso de remediación en la Desmontera Excelsior, lo cual convierte este tema en una materia de investigación, orientada a generar y validar información confiable, que contribuya a mejorar la gestión ambiental del área intervenida.

1.2. Delimitación de la investigación

La investigación planteada se realizó en el depósito de la Desmontera Excelsior ubicada en la comunidad urbana de Champamarca.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿De qué manera la aplicación de técnicas de estabilización química y biológica empleadas en el cierre del depósito de la Desmontera Excelsior, ha logrado mitigar los impactos ambientales negativos y sociales en las comunidades aledañas?

1.3.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son los métodos y procesos de remediación ambiental que se realizaron durante el cierre del depósito de la Desmontera Excelsior?
- b. ¿Los materiales empleados en la cobertura del depósito de la Desmontera Excelsior conservan sus propiedades físicas y funcionales a lo largo del tiempo o podrían experimentar alteraciones que influyan en la estabilidad química y biológica del área remediada?
- c. ¿Qué especies biológicas presentan mayor capacidad de adaptación a las nuevas condiciones ambientales en el área remediada en el cierre del depósito de la Desmontera Excelsior?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar de qué manera la aplicación de técnicas de estabilización química y biológica empleadas en el cierre del depósito de la Desmontera Excelsior, ha logrado mitigar los impactos ambientales negativos y sociales en las comunidades aledañas.

1.4.2. Objetivos específicos

- a. Describir los métodos y procesos de remediación ambiental aplicados

durante el cierre del depósito de la Desmontera Excélsior, considerando las técnicas aplicadas y etapas operativas.

- b. Analizar los materiales utilizados en la cobertura del depósito de la Desmontera Excélsior, y cómo posibles alteraciones pueden influir en la estabilidad química y biológica del área remediada.
- c. Identificar las especies biológicas que presentan mayor capacidad de adaptación a las condiciones ambientales del área remediada en el cierre del depósito de la Desmontera Excélsior.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

La investigación se justifica teóricamente porque aporta conocimiento sobre cómo las técnicas de estabilización química y biológica influyen en la mitigación de impactos ambientales y sociales. Al analizar la estabilidad de los materiales de cobertura y la adaptación de especies biológicas, se fortalecen los fundamentos científicos de la remediación ambiental y la restauración de ecosistemas degradados.

De esta manera, la remediación ambiental constituye una herramienta esencial para garantizar la sostenibilidad y recuperación de los ecosistemas afectados por la actividad minera.

1.5.2. Justificación Metodológica

El estudio plantea un enfoque metodológico sistemático que permite identificar los impactos ambientales, evaluar la estabilidad del depósito y determinar la eficacia de las técnicas de rehabilitación aplicadas. Esta investigación puede ser aplicada o adaptada para el análisis de otros pasivos mineros en el país.

1.5.3. Justificación Ambiental

El cierre de la Desmontera Excélsior genera la necesidad de implementar acciones de remediación ambiental debido a los riesgos que la disposición de residuos mineros representa para los suelos, cuerpos de agua y la biodiversidad del área circundante.

Evaluar la remediación ambiental permite conocer qué tan efectivas han sido las intervenciones para revertir o mitigar estos impactos, garantizar la estabilidad del depósito y favorecer la recuperación del ecosistema. Este estudio es esencial para asegurar que la restauración ecológica se desarrolle adecuadamente, prevenir futuras afectaciones ambientales y para promover la sostenibilidad a largo plazo. Además, estas acciones permiten cumplir con los estándares ambientales nacionales e internacionales, promoviendo un manejo responsable y sostenible del área.

1.5.4. Justificación Social

Socialmente, el estudio es relevante porque el proceso de cierre de la Desmontera Excélsior, influye directamente en la salud, seguridad, calidad y bienestar de vida de las comunidades aledañas. Al demostrar la eficacia de las técnicas de estabilización y el avance de la recuperación ecológica, se reduce la percepción de riesgo y se contribuye a un entorno más saludable y socialmente sostenible, asimismo se promueve procesos de participación comunitaria y educación ambiental.

El proceso de cierre también previene conflictos socioambientales, mejora la relación entre la empresa y la población local, garantizando el derecho de las comunidades a un entorno sano.

1.5.5. Justificación práctica

La evaluación del proceso de remediación ambiental permite determinar si las medidas ejecutadas han sido efectivas para reducir los impactos generados por décadas

de acumulación de residuos mineros. Esta información resulta valiosa ya que permite identificar aciertos, errores y aspectos que deben ser mejorados para garantizar un cierre sostenible.

Los resultados también podrán orientar la optimización de recursos económicos, la selección de tecnologías adecuadas, la formulación de planes correctivos o preventivos que mejoren la gestión del pasivo minero Excelsior y de proyectos similares a nivel regional y nacional.

1.6. Limitaciones de la investigación

El acceso a la zona remediada administrada por la empresa estatal Activos Mineros S.A.C. se encuentra sujeto a coordinaciones y autorizaciones previas establecidas por la entidad.

La información histórica y técnica del proyecto de remediación no se encuentra disponible en plataformas digitales de acceso público. Además, parte de la documentación requerida dependió de la gestión y disponibilidad de la información proporcionada por la empresa, lo que influyó en los tiempos de recopilación de datos necesarios para la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

(Tobar & Venegas, 2014) Fitoestabilización de depósitos de relaves. Esta investigación se centra en la fitoestabilización como estrategia para la gestión ambiental de depósitos de relaves mineros, analizando la capacidad de ciertas especies vegetales para adaptarse a condiciones extremas, reducir la movilidad de metales pesados y la dispersión de contaminantes hacia el entorno.

El estudio se enfocó en la utilización de especies vegetales nativas capaces de desarrollarse en suelos con altas concentraciones de metales, con el objetivo de estabilizar física, química y biológicamente estos depósitos. Para ello, se propuso la implementación de un modelo que incluye la identificación de especies adecuadas, la evaluación de su rendimiento y su establecimiento en depósitos de relaves ya inactivos.

Los resultados evidenciaron que la fitoestabilización se presenta como una alternativa viable y sostenible frente a métodos tradicionales de remediación, destacando su potencial para el cierre y rehabilitación de depósitos de relaves mineros.

Asimismo, permite reducir el impacto negativo en la salud de las comunidades aledañas al controlar la erosión y el transporte de partículas tóxicas.

La implementación de esta técnica requiere un manejo planificado que asegure la sostenibilidad del sistema a largo plazo. Por lo tanto, este estudio resulta clave para investigaciones futuras que busquen alternativas biológicas y sostenibles orientadas a garantizar la estabilidad de depósitos de desmontes o relaves en procesos de cierre ambiental.

(Radu et al., 2023) Research on the Closure and Remediation Processes of Mining Areas in Romania and Approaches to the Strategy for Heavy Metal Pollution Remediation. El estudio analiza los procesos de cierre de minas y las estrategias implementadas para la rehabilitación de áreas impactadas por la actividad minera.

La gestión de pasivos ambientales implica no solo el cierre físico de las instalaciones, sino también la implementación de estrategias de remediación que garanticen la estabilidad física, química, hidrológica y biológica del sitio. Estas estrategias incluyen el monitoreo continuo de parámetros físicos y químicos, la prevención de procesos de acidificación de las aguas por oxidación de minerales y la ejecución de medidas orientadas a la restauración y recuperación ecológica de los sistemas biológicos afectados.

Los autores señalan que, la aplicación de programas estructurados de cierre y rehabilitación ha permitido la estabilización de depósitos de residuos, la mitigación de la movilización de metales pesados y la regeneración de la cobertura vegetal en áreas afectadas por la actividad minera. Estas intervenciones constituyen estrategias integrales de remediación que favorecen la recuperación de la funcionalidad ecológica, la restauración de ecosistemas degradados, la mejora de las propiedades edáficas y el fortalecimiento de la sostenibilidad ambiental y socioeconómica a largo plazo.

La combinación de enfoques técnicos, científicos y marcos regulatorios contribuye de manera positiva al diseño de estrategias sostenibles de remediación ambiental. Esta investigación constituye una base importante para el desarrollo de nuevos estudios, ya que demuestra que la recuperación de áreas mineras no solo es viable, sino que puede generar impactos favorables a largo plazo tanto en el entorno natural como en las poblaciones cercanas.

(Tyagi & Haritash, 2025) Environmental impacts of mine tailings and phytoremediation as a sustainable management strategy. El artículo analiza los impactos ambientales derivados de los relaves mineros y evalúa la fitorremediación como una estrategia sostenible para su manejo. La generación de relaves mineros constituye una de las principales fuentes de deterioro ambiental asociadas a las actividades extractivas, debido a su gran volumen como a la presencia de sustancias potencialmente tóxicas.

Los relaves mineros contienen elevadas concentraciones de metales pesados como arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd) y mercurio (Hg), los cuales poseen propiedades de alta persistencia y capacidad de acumulación en los sistemas biológicos. Estos elementos alteran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, afectando el equilibrio ecológico. Asimismo, el drenaje ácido de mina y roca, originado por la oxidación de minerales sulfurosos, favorece la liberación y movilización de metales hacia cuerpos de agua, incrementando los niveles de contaminación.

Los investigadores proponen la fitorremediación como una alternativa que contribuye a la estabilización de los relaves mediante la implantación de especies vegetales capaces de tolerar y acumular metales. Esta técnica permite disminuir la dispersión de contaminantes, mejorar la estructura del suelo y favorecer la actividad biológica, generando condiciones más estables en el sistema intervenido. Sin embargo,

su efectividad depende de múltiples factores, incluyendo la selección de especies vegetales, las condiciones climáticas y la magnitud de la contaminación. Por ello, se plantea la necesidad de complementar estas soluciones con otras técnicas que permitan optimizar el proceso de rehabilitación.

El estudio determina que los relaves mineros constituyen un desafío ambiental, pero también presentan una oportunidad para aplicar soluciones sostenibles e innovadoras. La fitorremediación constituye una estrategia de gestión ambiental para restaurar áreas degradadas, su aplicación contribuye a la mitigación de impactos ambientales, promoviendo la sostenibilidad ecológica y asegurando un desempeño ambiental adecuado de los sitios afectados por la actividad minera.

2.1.2. Antecedente a nivel nacional

(SINIA, 2025) Estabilidad química en el cierre de minas. El documento técnico emitido por el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) indica que la supervisión ambiental en el cierre de minas debe centrarse en la verificación de condiciones que aseguren la estabilidad a largo plazo de los componentes mineros, siendo la estabilidad química uno de los aspectos más relevantes dentro de este proceso. Este enfoque permite evaluar si los depósitos mineros, especialmente los de relaves, presentan condiciones seguras que eviten la generación de reacciones químicas perjudiciales para el ambiente. Asimismo, se manifiesta que la estabilidad química influye directamente en el comportamiento de los materiales depositados después del cierre de la operación minera, debido a que la presencia de sulfuros y otros compuestos reactivos puede generar procesos de oxidación que desencadenan drenaje ácido y liberación de metales pesados hacia el suelo y el agua. En ese sentido, una inadecuada estabilidad química incrementa significativamente el riesgo de contaminación ambiental persistente en el tiempo.

El documento señala que la evaluación de la estabilidad permite determinar la efectividad de las medidas de cierre implementadas, como sistemas de encapsulamiento, coberturas o controles de infiltración, las cuales buscan reducir o controlar las reacciones químicas dentro del depósito. Por ello, una adecuada estabilidad química se considera un indicador positivo de que el cierre del depósito minero ha sido técnicamente eficiente y ambientalmente seguro.

La estabilidad química en el cierre de depósitos mineros influye de manera directa en la prevención de impactos ambientales a largo plazo, convirtiéndose en un criterio esencial para garantizar la sostenibilidad del área intervenida y la protección de los ecosistemas circundantes.

(Carrillo, 2023) Diseño de cobertura de cierre para el control de la generación de drenaje ácido de mina en un depósito de desmonte. La investigación se centra en la evaluación de un sistema de cobertura aplicado a un depósito de desmonte en Cusco, cuyo propósito principal es actuar como barrera frente a la infiltración de agua y la entrada de oxígeno, elementos que intervienen directamente en la formación del drenaje ácido.

Para el desarrollo del estudio, se llevó a cabo una caracterización integral del depósito de desmonte, considerando tanto sus propiedades geoquímicas como hidráulicas. Se planteó el diseño de un sistema de cobertura de cierre basado en criterios técnicos, el cual incluye distintas capas con funciones específicas, como limitar el ingreso de agua, facilitar el drenaje y proteger la estructura. Asimismo, se utilizó modelamiento numérico para simular el comportamiento del flujo de agua en diferentes escenarios, comparando condiciones con y sin la implementación de la cobertura, así como variaciones bajo distintos niveles de precipitación.

Los resultados indican que la aplicación de la cobertura de cierre permite reducir de manera significativa la infiltración de agua hacia el depósito, lo que a su vez disminuye la probabilidad de generación de drenaje ácido. El análisis mostró que el diseño propuesto mantiene un desempeño adecuado incluso bajo condiciones climáticas variables. La evaluación geoquímica indicó que el material del depósito presenta bajo potencial de generación de acidez, lo cual complementa la efectividad de la solución planteada.

La investigación demuestra que el diseño de coberturas de cierre constituye una estrategia eficiente para el control del drenaje ácido en depósitos de desmonte, al integrarse adecuadamente criterios geotécnicos, hidrológicos y geoquímicos. Además, resalta la importancia del uso de herramientas de simulación para optimizar el diseño y garantizar el funcionamiento del sistema, contribuyendo a la mitigación de impactos a largo plazo.

(Miranda, 2014) Remediación de pasivos ambientales mineros de la ex unidad minera Los Negros-La Tahona-Hualgayoc-Cajamarca. El estudio identifica estrategias de remediación ambiental aplicables a pasivos ambientales mineros y evalúa el nivel de contaminación generado por la falta de intervención ambiental oportuna.

El análisis de caracterización de los pasivos ambientales se realizó mediante levantamientos topográficos, inspecciones de campo y análisis fisicoquímicos con el objetivo de determinar las áreas más afectadas, evaluar los niveles de contaminación y proponer medidas de remediación adecuadas para mitigar los riesgos sobre el entorno natural y la salud de la población.

Los resultados obtenidos evidenciaron la presencia de suelos y cuerpos de agua contaminados por metales pesados, así como alteraciones significativas en la biodiversidad de la zona. A partir de este análisis, se formularon estrategias de

remediación, que incluyen la estabilización de suelos, el tratamiento de aguas residuales y el cierre ambiental de estructuras mineras abandonadas, todas ellas conforme a la normativa ambiental vigente.

El estudio determina que la implementación de estrategias de remediación ambiental es efectiva para la mitigación de pasivos ambientales generados por actividades mineras. Estas estrategias no solo constituyen un mecanismo para la recuperación ambiental, sino también una herramienta clave para la prevención de riesgos asociados a la salud pública y para la conservación sostenible de los recursos naturales. Este enfoque proporciona un marco metodológico útil como referencia para investigaciones posteriores en el ámbito de la remediación de sitios contaminados y la recuperación de ecosistemas afectados.

(Paucar, 2015) Diseño y estabilidad de botaderos de desmonte para la remediación de pasivos ambientales– Huancavelica. La investigación aborda la problemática de la disposición inadecuada de desechos mineros, los cuales pueden generar inestabilidad de taludes, erosión superficial y potencial contaminación por drenaje ácido de roca, afectando los ecosistemas circundantes.

El autor realizó trabajos de campo y gabinete que incluyeron la caracterización del material de desmonte, análisis geotécnicos del suelo y roca, así como la evaluación de parámetros de resistencia al corte, con la finalidad de diseñar un botadero mediante el método de conformación por banquetas o terrazas, el cual consiste en la acumulación progresiva y compactada de materiales de desecho minero, lo que permite una mejor distribución de cargas, mayor control de la estabilidad de los taludes y reducción del riesgo de deslizamientos. Asimismo, consideró factores ambientales relevantes dentro del diseño, tales como el control del drenaje superficial, la infiltración de agua y la potencial generación de drenaje ácido de roca, fenómenos que pueden comprometer

tanto la estabilidad estructural del botadero como la calidad del entorno natural. Para ello, se propusieron medidas de manejo hidráulico y recubrimiento del material con el objetivo de minimizar la interacción del desmonte con el agua y el oxígeno.

Los resultados obtenidos mostraron factores de seguridad superiores a los valores mínimos aceptados por la normativa técnica, lo que indica que el diseño propuesto presenta condiciones adecuadas de estabilidad. De esta manera, se demuestra que la correcta planificación y diseño de estas estructuras es fundamental para la rehabilitación de áreas impactadas por la actividad minera, contribuyendo a la recuperación ambiental sostenible del entorno.

2.1.3. Antecedentes a nivel local

(Robles, 2019) Evaluación de la estabilidad geoquímica de relaves sulfurados de Quiulacocha mediante el uso de cobertura biológica en medios no saturados con riego de efluentes domésticos a escala piloto. La investigación analiza la interacción de los relaves, la cobertura vegetal y las condiciones de humedad, considerando parámetros fisicoquímicos que permiten determinar la estabilidad geoquímica del depósito.

La investigadora evaluó la estabilidad geoquímica de relaves sulfurados del depósito de Quiulacocha mediante un sistema piloto de barril con cobertura biológica y riego de efluentes domésticos, aprovechando su contenido de nutrientes y bacterias sulfato reductoras para reducir la acidez y precipitar metales. Se cultivaron cinco especies vegetales nativas, mientras que el monitoreo fisicoquímico del lixiviado se realizó durante seis meses, evaluando parámetros como pH, conductividad eléctrica y concentración de metales, comparando los resultados con los límites permisibles de la legislación peruana (LMP y ECA).

Los resultados mostraron un pH estable y una disminución en los lixiados, la concentración de elementos tóxicos se mantuvo dentro de los límites permisibles, mientras que algunos metales que inicialmente presentaban niveles elevados, mostraron una tendencia decreciente, lo que indica procesos de retención y estabilización. Asimismo, se observó un adecuado establecimiento de la cobertura vegetal, demostrando que las especies nativas sobrevivieron y contribuyeron a la estabilización. Esto indica que, la combinación de vegetación y riego controlado demostró ser efectiva para promover la retención de metales y reducir la generación de drenaje ácido, constituyendo una estrategia sostenible y de bajo impacto ambiental.

(Jara, 2024) identificación de Especies de Flora y Fauna en la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excélsior, en Cerro de Pasco. La investigación abordó la evaluación de la recuperación ecológica del pasivo ambiental minero Excélsior mediante la identificación sistemática de especies de flora y fauna presentes en el área remediada. En el caso de la flora, se realizaron transectos y parcelas muestreadas para registrar la cobertura vegetal, la densidad de especies y su capacidad de colonización en suelos afectados por metales pesados. Para la fauna, se utilizaron métodos de observación directa y trampas fotográficas para documentar la presencia de aves, pequeños mamíferos e insectos, los cuales sirven como bioindicadores de la recuperación del hábitat.

El estudio evaluó la relación entre la remediación del pasivo ambiental y la recuperación de la fauna y la flora. Se identificaron 67 especies de plantas, 21 especies de aves, 7 de mamíferos y 2 de herpetofauna. Los resultados mostraron una correlación significativa entre la presencia de fauna y la remediación del área, mientras que la flora presentó un aumento progresivo en riqueza, abundancia y diversidad a lo largo del tiempo, lo que influyó positivamente en la fauna local.

Los resultados de la investigación evidencian la presencia de diversas especies de plantas tolerantes a suelos contaminados, como algunas gramíneas y arbustos nativos, así como fauna asociada que demuestra resiliencia en entornos degradados, incluyendo aves, pequeños mamíferos e insectos beneficiosos para la recuperación del suelo. Estos hallazgos permitieron establecer un inventario ecológico que sirve como base para futuras intervenciones de remediación y restauración ecológica.

La diversidad biológica permite evaluar el grado de recuperación ecológica y establecer medidas de manejo adaptativo. Las especies vegetales desempeñan un papel central en la estabilización de suelos contaminados y en la recuperación de la cobertura vegetal, mientras que la fauna, actúa como indicador de la funcionalidad ecológica del área remediada.

(Condori , 2013) Evaluación de alternativas para la remediación del depósito de desmonte Excélsior – Cerro de Pasco. La investigación se desarrolló a partir de un diagnóstico detallado del área de estudio, en el que se evaluaron las condiciones físicas, químicas y geotécnicas del material de desmonte, así como su interacción con el entorno circundante. Este análisis permitió identificar los principales factores de riesgo, tales como la generación de drenaje ácido, la dispersión de metales pesados y la inestabilidad del terreno.

Las alternativas de remediación incluyeron métodos físicos (estabilización y contención de materiales), químicos (tratamientos neutralizantes y fijación de contaminantes) y biológicos (biorremediación y revegetación), orientados a la estabilización del material, la reducción de la contaminación y la recuperación progresiva del área afectada. Cada alternativa fue evaluada en función de criterios como su viabilidad técnica, costo de implementación, eficiencia en la mitigación de impactos y sostenibilidad a largo plazo. De esta manera, no solo se consideró la reducción de

contaminantes, sino también la capacidad de implementar medidas de control y monitoreo, y asegurar la estabilidad del depósito.

El estudio detalla la importancia de abordar los pasivos ambientales desde una perspectiva multidisciplinaria, considerando no solo aspectos técnicos, sino también ambientales y sociales. Este enfoque constituye un marco de referencia para el diseño de proyectos de remediación de depósitos de desmonte, incorporando criterios de diagnóstico ambiental, evaluación de riesgos y restauración ecológica. Asimismo, permite minimizar los efectos adversos sobre las comunidades circundantes, promoviendo prácticas de manejo sostenible a mediano y largo plazo.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Pasivos Ambientales Mineros (PAM)

La gestión de los Pasivos Ambientales Mineros comprende un conjunto integral de acciones orientadas a mitigar, corregir o prevenir los impactos ambientales derivados de estas actividades, con el fin de contribuir al desarrollo sostenible. Este concepto supera el enfoque tradicional del manejo ambiental, ya que no se limita únicamente a la aplicación de medidas operativas, sino que incorpora el marco normativo, las políticas públicas, las directrices técnicas y los lineamientos definidos por las entidades reguladoras, los cuales permiten orientar, respaldar y asegurar una implementación adecuada y efectiva.

2.2.2. Gestión de los Pasivos Ambientales Mineros

Norma matriz: Ley N.º 28271, tiene como finalidad regular los procesos de identificación de los Pasivos Ambientales Mineros, así como establecer los criterios de responsabilidad y los mecanismos de financiamiento para su remediación. Esta norma constituye el marco legal principal para la gestión de los PAM en el país.

Desde el punto de vista legal, la ley define los Pasivos Ambientales Mineros como aquellas instalaciones, efluentes, emisiones o depósitos de residuos provenientes de actividades mineras, tales como relaveras o minas abandonadas, que generan o pueden generar riesgos significativos para la salud de la población y el medio ambiente.

La normativa se sustenta en el principio de responsabilidad, según el cual la obligación de ejecutar las acciones de remediación corresponde al sujeto que originó el pasivo ambiental.

Cuando no es posible identificar al responsable, el Estado asume dicha función de manera subsidiaria, generalmente a través de la empresa pública Activos Mineros S.A.C. (AMSAC), encargada de ejecutar los proyectos de remediación correspondientes.

2.2.3. Etapas de gestión de pasivos ambientales mineros

FASE I: Diagnóstico Territorial. La etapa inicial consiste en el levantamiento de un inventario nacional exhaustivo. Aquí, el enfoque principal es la identificación y georreferenciación de faenas mineras paralizadas o en situación de abandono. Más allá de un simple listado, se busca caracterizar preliminarmente el entorno físico y social, registrando los peligros tangibles y las perturbaciones visibles. Este registro se convierte en la base fundamental de datos diseñada para filtrar y priorizar aquellas zonas que presentan una mayor vulnerabilidad.

FASE II: Determinación de la Condición de PAM. Durante la segunda etapa, el análisis se vuelve más técnico y específico. Se evalúan con precisión los escenarios de exposición y las posibles rutas de contaminación que podrían impactar la salud pública o la biodiversidad. El objetivo crítico de este estudio es validar legal y técnicamente la clasificación de un sitio como Pasivo Ambiental Minero, otorgándole un rango específico en una escala basada en el nivel de riesgo real detectado.

FASE III: Evaluación de Potencial Económico y Reutilización. En lugar de ver el abandono solo como un problema, esta fase analiza los recursos. Se examinan los depósitos de residuos (como relaves o desmontes) para determinar si son aptos para un reprocesamiento metalúrgico. Asimismo, se inspecciona la infraestructura, para establecer si pueden ser reincorporados a procesos productivos o civiles, optimizando los activos que aún poseen valor remanente.

FASE IV: Jerarquización de Acciones y Remediación. Finalmente, en esta fase se seleccionan las medidas de mitigación y los planes de cierre más adecuados según la naturaleza física y química del pasivo. Toda esta información se consolida en una herramienta normativa: la "Guía para la Priorización y Propuestas de Remediación", la cual dicta el orden de las inversiones y las técnicas de recuperación ambiental a implementar. (INGEMMET, 2020)

2.2.4. Cierre final y situación posterior al cierre

El cierre de la mina comprende la implementación de los planes de mantenimiento y supervisión desarrollados en las etapas iniciales, además de la realización de estudios que permitan verificar que los resultados y criterios se ajusten a los objetivos establecidos en el plan de cierre. Las actividades realizadas en esta etapa incluyen:

- Demolición y retiro de la infraestructura existente.
- Adecuación de las áreas de explotación que permanecen intervenidas.
- Control y evaluación del desempeño de las actividades de cierre conforme a los estándares y criterios establecidos.
- Envolvimiento o manejo de los residuos mineros.
- Tratamiento de los efluentes generados.
- Seguimiento y monitoreo ambiental.

- Información y comunicación del cierre a las autoridades competentes y a las comunidades involucradas.

Uno de los objetivos fundamentales de un cierre minero adecuado es asegurar que la salud pública y la seguridad de la comunidad no se vean afectadas en el futuro. Asimismo, la etapa de cierre puede implicar un aumento de los riesgos de seguridad para los trabajadores. La posibilidad de enfrentar el cierre de la mina y la pérdida de sus puestos laborales puede disminuir su motivación y estado de ánimo, generando potenciales problemas de seguridad dentro del entorno de trabajo.

Finalmente, el cierre debe considerar también otros posibles impactos negativos de los componentes mineros abandonados en la fauna, la flora o los ecosistemas del lugar.

Actividades de Cierre

- **Establecimiento de la forma del terreno:** Consiste, en la medida de lo posible, en nivelar y dar forma nuevamente a las áreas intervenidas por la actividad minera, con el propósito de prevenir infiltraciones y reducir la erosión superficial. El acondicionamiento del terreno también contribuye a mejorar la estabilidad de los taludes. Posteriormente, estas superficies deben ser sometidas a procesos de revegetación. Además, es indispensable implementar obras de drenaje, como canales, para dirigir las aguas de escorrentía fuera de las zonas clausuradas.
- **Desmantelamiento:** Las instalaciones existentes que no hayan sido transferidas deberán ser desmontadas o desmanteladas.
- **Desmantelamiento de infraestructura de interior mina:** Consiste en la identificación y registro de los componentes de infraestructura minera que serán retirados, así como en la ejecución ordenada del desmontaje de

tuberías de aire y agua, líneas de rieles y demás elementos asociados. Además, incluye el retiro integral de la red eléctrica instalada en el interior de la mina y la desinstalación de los equipos e instalaciones del sistema de ventilación, garantizando condiciones adecuadas para el cierre de las labores subterráneas.

- **Desmantelamiento de infraestructura en superficie:** Corresponde al retiro planificado de las estructuras e instalaciones superficiales consideradas dentro del proceso de cierre, incluyendo las redes de electricidad, agua y aire ubicadas tanto en superficie como en sectores subterráneos. Asimismo, contempla el desmontaje de instalaciones auxiliares y la limpieza final de las áreas intervenidas, con el propósito de restablecer condiciones seguras y ordenadas del entorno.
- **Desmantelamiento de infraestructura en superficie para uso de trabajadores:** Comprende el retiro programado de las instalaciones superficiales destinadas al uso del personal, previo registro e identificación de los elementos a desmontar. Del mismo modo, considera el desarme de instalaciones auxiliares, la eliminación de las redes de energía eléctrica, agua y aire, y la limpieza de residuos generados en las áreas intervenidas, a fin de asegurar el adecuado acondicionamiento del área durante el cierre de mina.

Regulación del Cierre de Minas

- **Competencias:** El cierre conceptual de un proyecto de explotación minera se desarrolla dentro de la formulación del instrumento de gestión ambiental, ya sea el Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIAd) o el Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIAsd), en concordancia con lo

establecido por la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental N.º 27446. En el caso de los EIAd, la entidad responsable de evaluar y aprobar los instrumentos ambientales de los proyectos mineros es el Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las Inversiones Sostenibles (SENACE), organismo que además revisa el plan de cierre a nivel conceptual. Por otro lado, la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros (DGAAM) es la encargada de evaluar los EIAsd.

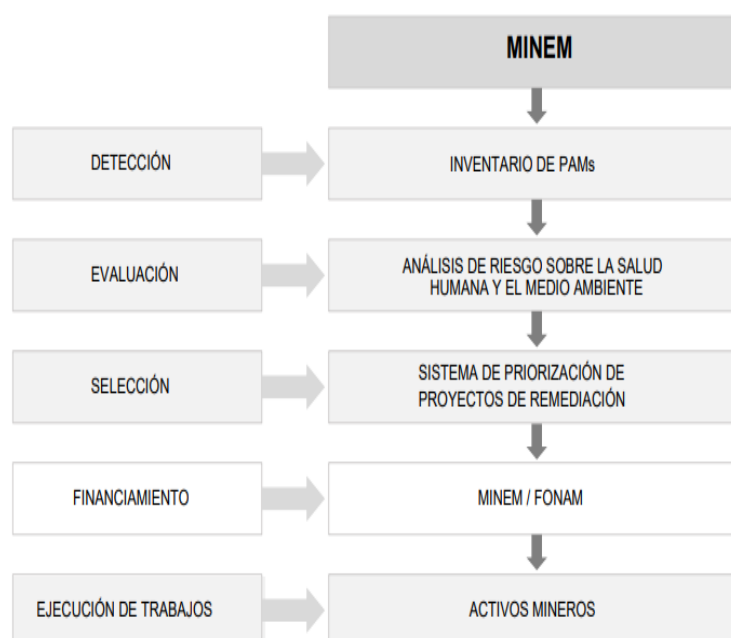
- **Criterios de los planes de cierre:** La normativa relacionada con el cierre de minas dispone que todo titular de un proyecto minero tiene la obligación de clausurar las áreas, operaciones e instalaciones de su unidad minera mediante la ejecución de un plan de cierre. Asimismo, dicha responsabilidad se mantiene vigente incluso en caso de pérdida del título de concesión minera, cualquiera sea su modalidad.

Es importante señalar que la normativa establece la posibilidad de que, frente a la suspensión o paralización de las operaciones, el titular pueda interrumpir particularmente las medidas de cierre. Sin embargo, no se especifican con claridad las circunstancias que justificarían la paralización de la ejecución del instrumento de gestión ambiental. Únicamente se establece que esta deberá contar con la autorización previa de la autoridad minera, que las actividades de cierre deberán retomarse al finalizar el período de suspensión o paralización, y que la propuesta de reprogramación del cronograma del plan de cierre deberá presentarse ante la DGAAM con al menos dos meses de anticipación al reinicio de las operaciones. (Rodríguez & Julca, 2020)

2.2.5. Remediación ambiental

La recuperación y el manejo de los pasivos ambientales mineros demandan un enfoque integral que combine alternativas de carácter físico, químico y biológico. La selección de las estrategias de remediación debe basarse en un diagnóstico detallado de cada sitio, considerando factores como las propiedades químicas y físicas del suelo, la composición de los residuos mineros, las condiciones hidrogeológicas, la biodiversidad afectada y las características socioeconómicas del área.

Figura 1 Esquema de institucionalidad peruana para remediación de PAMs



2.2.6. Medidas de estabilización

Estas medidas tienen como objetivo reducir los riesgos geotécnicos y prevenir la dispersión de contaminantes: Se aplican soluciones de ingeniería, como el diseño de pendientes seguras, rellenos compactados y la instalación de anclajes o mallas, con el fin de minimizar la probabilidad de deslizamientos.

- **Estabilización de estructuras y taludes:** Se aplican soluciones de ingeniería, como el diseño de pendientes seguras, rellenos compactados y la instalación de anclajes o mallas, con el fin de minimizar la probabilidad de deslizamientos.

- **Control y confinamiento:** Se construyen estructuras como diques y canales para controlar el flujo superficial del agua, evitando que los materiales contaminantes se propaguen.
- **Gestión hidráulica:** Se implementan sistemas de drenaje, como cunetas y canales de evacuación, que regulan el flujo hídrico y ayudan a prevenir procesos de contaminación ambiental.

2.2.7. Remediación Biológica

- **Fitorremediación:** Consiste en la utilización de plantas capaces de absorber, transformar o inmovilizar contaminantes presentes en el suelo, resultando especialmente útil en la eliminación de metales pesados.
- **Biorremediación:** Involucra microorganismos que degradan compuestos tóxicos o reducen su peligrosidad, contribuyendo a la recuperación de suelos y cuerpos de agua afectados.
- **Coberturas orgánicas:** Favorece la formación de nuevo suelo, disminuye la erosión y facilita la revegetación de áreas degradadas, promoviendo la recuperación natural del ecosistema. (CEPAL, 2020)

2.2.8. Estabilización Química

La estabilidad química representa la capacidad que poseen los materiales para evitar alteraciones que degraden la calidad del entorno, es decir, cuando la interacción entre sus componentes y el entorno no produce impactos significativos que comprometan la salud de la población ni el equilibrio de los sistemas ambientales. Asimismo, se alcanza este estado cuando los materiales, en contacto con agentes atmosféricos e hídricos, inhiben la lixiviación de metales pesados o la generación de drenaje ácido.

Durante la etapa de cierre de actividades mineras, la estabilidad química representa un aspecto importante que debe ser evaluado y gestionado debido a los diversos riesgos ambientales asociados. Entre los principales riesgos se encuentran los siguientes:

- **Drenaje ácido de roca:** La interacción de minerales sulfurados con el oxígeno y el agua puede desencadenar reacciones químicas que producen soluciones ácidas. Este fenómeno favorece la liberación de metales pesados y otras sustancias tóxicas, las cuales pueden afectar gravemente el suelo y los cuerpos de agua circundantes.
- **Contaminación de aguas subterráneas o superficiales:** La infiltración de aguas pluviales o el contacto con materiales contaminados puede facilitar el transporte de sustancias nocivas hacia acuíferos y cursos de agua cercanos. Esta situación pone en riesgo la calidad del recurso hídrico, tanto para el consumo humano como para la conservación de los ecosistemas acuáticos.
- **Liberación de gases y polvos tóxicos:** Los residuos mineros pueden contener compuestos tóxicos o volátiles que, si no son adecuadamente manejados o confinados durante el cierre, pueden liberarse a la atmósfera, generando impactos negativos en la salud de las personas y en el medio ambiente.
- **Movilización de contaminantes:** Durante la fase de cierre, los materiales acumulados en relaves, botaderos y otras instalaciones de disposición final pueden verse alterados por procesos de erosión superficial o por la infiltración de agua. Estas condiciones facilitan la liberación y el transporte de sustancias contaminantes hacia zonas circundantes, lo que incrementa la extensión y el impacto de la contaminación ambiental en áreas cercanas. (OEFA, 2025)

2.2.9. Estabilización Biológica

El establecimiento de una cubierta vegetal auto sostenible permite reducir de manera significativa los procesos de erosión hídrica y eólica, además de favorecer la recuperación funcional y paisajística de las áreas intervenidas, aproximándolas a condiciones semejantes a su estado y uso previo.

Bajo condiciones climáticas favorables y en relaves que presentan propiedades químicas adecuadas, la revegetación puede requerir una intervención técnica mínima, e incluso desarrollarse de forma natural en periodos relativamente cortos. Sin embargo, en entornos áridos o en depósitos caracterizados por alta acidez, concentraciones elevadas de metales pesados o presencia de sales, el establecimiento de la vegetación se torna un proceso lento, técnicamente complejo y con elevados costos de implementación. Bajo este enfoque se deben considerar criterios técnicos orientados a asegurar la estabilidad y el adecuado desempeño de las áreas rehabilitadas, tales como:

- Evitar el ingreso de aguas de escorrentía que pudieran ocasionar procesos de inestabilidad debido a la saturación y a la generación de presiones de poro en el talud, la cimentación y las superficies de contacto.
- Asegurar la estabilidad física de los depósitos de material estéril considerando condiciones adversas durante la etapa de post-cierre, tales como eventos sísmicos y fenómenos climáticos.
- Mantener la estabilidad geoquímica mediante una gestión adecuada de las coberturas.
- Preservar la estabilidad hidrológica mediante obras de contención diseñadas para proteger el pie de los taludes frente a la acción de las escorrentías o flujos que pudieran presentarse en la base de los depósitos de material estéril. (Buenaventura, 2018)

Actividades de estabilidad biológica

Para garantizar la estabilidad del área, es fundamental seleccionar adecuadamente el tipo de cobertura, cuyo objetivo principal es recuperar de manera permanente la vegetación del suelo. Esta acción contribuye a la rehabilitación del paisaje intervenido por las actividades mineras y a la reducción de los procesos erosivos. Es importante destacar que, antes de planificar un sistema de revegetación en zonas afectadas por la minería, se debe establecer el uso futuro del terreno, ya que este aspecto permitirá definir las especies vegetales más apropiadas a emplear.

Los criterios de diseño dependerán de diversos factores, tales como las condiciones climáticas y topográficas del área, el tipo de material a revegetar, la disponibilidad de materiales de cobertura en zonas cercanas y las características de las especies vegetales requeridas.

Especies a usar en la revegetación

La revegetación constituye una de las etapas finales del proceso de cierre y restauración minera, orientada a la restitución permanente de la cobertura vegetal en suelos expuestos o degradados por la actividad extractiva. Este proceso tiene como finalidad recuperar una estructura vegetal semejante a la formación natural preexistente en el área intervenida, en el marco de la rehabilitación ecológica, permitiendo la integración funcional y paisajística entre la vegetación establecida y el entorno natural circundante.

Asimismo, la implementación de la revegetación contribuye de manera significativa a la restauración del paisaje de las zonas alteradas, promoviendo una armonía visual, la estabilización del ecosistema y el equilibrio de las condiciones ambientales, tales como la protección del suelo, la regulación hídrica y la mejora de la calidad ambiental del área intervenida.

El éxito de los proyectos de restauración de la cobertura vegetal depende de la interacción de diversos factores. La selección de especies vegetales compatibles con las condiciones ecológicas del área, así como la presencia de condiciones climáticas favorables durante el periodo de establecimiento, resultan determinantes. Asimismo, aspectos como el método de preparación del suelo, la calidad del material vegetal utilizado y la aplicación de cuidados post-plantación influyen de manera significativa en la efectividad del proceso de restauración.

La alternativa más adecuada para la implementación de la revegetación estará condicionada por las características físicas y ambientales del área de emplazamiento del depósito de desmonte, tales como la topografía, el clima, el grado de aislamiento y el tipo de suelo.

2.3. Definición de los términos básicos

Adaptación Biológica

Conjunto de cambios y características que desarrollan los organismos, tanto plantas como animales, para sobrevivir y prosperar en su entorno. Estas modificaciones pueden ser morfológicas, fisiológicas o conductuales, y permiten a las especies enfrentar condiciones ambientales específicas. La adaptación biológica es un proceso gradual que refleja la interacción constante de los seres vivos con su hábitat, asegurando su supervivencia y contribuyendo al equilibrio del ecosistema.

Cierre de depósito

Proceso planificado y controlado mediante el cual se concluye la actividad operativa de un depósito de Desmontera, implementando medidas para asegurar que los materiales almacenados no representen un riesgo químico, biológico o ambiental a largo plazo.

Desmontera

Sitio donde se depositan los residuos generados por la actividad minera o industrial, generalmente resultantes de la extracción de minerales o procesos productivos, los cuales requieren manejo adecuado para prevenir impactos negativos.

Drenaje ácido de mina (DAM)

El drenaje ácido de mina (DAM) constituye un proceso geoquímico asociado principalmente a las actividades mineras de explotación de minerales sulfurados. Este fenómeno ocurre cuando los materiales extraídos, que contienen sulfuros metálicos, quedan expuestos a la acción combinada del oxígeno y el agua, favoreciendo la oxidación de los minerales sulfurados y la generación de soluciones ácidas.

Drenaje ácido de roca (DAR)

Es un proceso geoquímico de origen natural que se presenta cuando formaciones geológicas ricas en minerales sulfurados interactúan de manera progresiva con oxígeno y agua ambiental. A través de reacciones de oxidación similares a las observadas en el DAM, se generan soluciones ácidas que pueden movilizar metales desde la matriz rocosa hacia el medio circundante.

Fitorremediación

Método ambiental que emplea plantas para limpiar, estabilizar o recuperar suelos y cuerpos de agua afectados por contaminantes. A través de este proceso, las plantas pueden absorber, degradar o inmovilizar sustancias nocivas presentes en el medio, contribuyendo a la restauración del equilibrio ecológico de forma natural y sostenible. La efectividad de la fitorremediación depende de las especies vegetales seleccionadas y de las condiciones específicas del sitio a tratar.

Geomembrana

Material sintético flexible, cuya función es servir como barrera impermeable en suelos y estructuras de contención, impidiendo la infiltración de líquidos y la dispersión de sustancias contaminantes hacia el medio ambiente. Su aplicación principal consiste en proteger cuerpos de agua, confinar relaves, residuos industriales y suelos contaminados, desempeñando un rol fundamental en la prevención de impactos ambientales y en la gestión de pasivos ambientales.

Impacto ambiental

Alteración, ya sea favorable o desfavorable, que una actividad humana provoca sobre los componentes físicos, biológicos y sociales de un entorno determinado. Estas modificaciones pueden afectar la calidad del aire, agua, suelo, biodiversidad y bienestar de las comunidades cercanas, generando cambios temporales o permanentes que requieren ser evaluados, gestionados y mitigados de manera integral para garantizar la sostenibilidad del ecosistema y la salud humana.

Material granular

Es el conjunto de partículas sólidas sueltas, con tamaños y formas variables, cuya textura y geometría influyen directamente en su comportamiento físico y mecánico al interactuar entre ellas y con el entorno. La correcta selección, colocación y compactación de estos materiales resulta fundamental para asegurar la estabilidad estructural, controlar la permeabilidad y la erosión del suelo.

Mitigación ambiental

Conjunto de acciones y estrategias orientadas a disminuir o prevenir los impactos negativos generados sobre el medio ambiente. Estas medidas buscan proteger y conservar el suelo, el agua, el aire y los ecosistemas, promoviendo un manejo

responsable de los recursos naturales y favoreciendo la recuperación o preservación del equilibrio ecológico en las áreas afectadas.

Técnicas de estabilización

Conjunto de acciones planificadas en sitios destinados a preservar la estabilidad del terreno, prevenir la dispersión de contaminantes y minimizar la degradación futura del área. Estas técnicas incluyen revegetación, instalación de barreras físicas, control de erosión y confinamiento de residuos, ajustadas a las condiciones particulares de cada sitio.

Top Soil

Capa superior del suelo, rica en materia orgánica, nutrientes y microorganismos, que resulta fundamental para el crecimiento y desarrollo de la vegetación. Esta capa es la más fértil del perfil del suelo y desempeña un papel esencial en la retención de humedad, la regulación de procesos biogeoquímicos y el sostenimiento de la biodiversidad del ecosistema.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La aplicación de técnicas de estabilización química y biológica en el cierre del depósito de la Desmontera Excélsior contribuye significativamente a la reducción de los impactos ambientales negativos y mejora la calidad del ecosistema. Estas intervenciones permiten controlar los procesos de contaminación, promover la recuperación ambiental del área intervenida y reducir de forma sustancial los riesgos para la salud de las comunidades aledañas.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a. La implementación de métodos y procesos de remediación ambiental, mediante la aplicación de técnicas físico-químicas, hidrológicas y

biológicas, constituye una estrategia integral para la conservación y recuperación de los ecosistemas afectados. De esta manera, la remediación ambiental no solo minimiza los efectos adversos, sino que restablece la sostenibilidad del entorno, promoviendo un equilibrio ecológico.

- b. Los materiales empleados en la cobertura del depósito de la Desmontera Excélsior, presentan cambios en sus propiedades físicas y funcionales a lo largo del tiempo, las cuales influyen en la estabilidad química y biológica del área remediada.
- c. Las especies vegetales con mayor capacidad de adaptación y supervivencia en el área remediada del depósito de la Desmontera Excélsior, son las que presentan características fisiológicas de tolerancia ambiental, como resistencia a la sequía, a suelos compactados o contaminados y a variaciones de temperatura.

2.5. Identificación de las variables

2.5.1. Variable independiente

Cierre en el depósito de la Desmontera Excélsior.

2.5.2. Variable dependiente

Estabilidad química y biológica.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1 Definición operacional de variables e indicadores

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente Cierre en el depósito de la Desmontera Excélsior	Cierre de minas Conjunto de medidas técnicas, operativas y normativas aplicadas en áreas impactadas por actividades mineras, cuyo objetivo es rehabilitar el ecosistema, minimizar los impactos residuales y promover condiciones ambientales adecuadas para la conservación del paisaje y el desarrollo sostenible.	▪ Gestión técnica del cierre. ▪ Remediación ambiental. ▪ Cumplimiento Normativo.	▪ Implementación de técnicas de estabilidad. ▪ Superficie total del área remediada. ▪ Aplicación de la guía para el cierre de minas del MINEM.
Variable Dependiente Estabilidad química y biológica	Estabilización Química Representa la capacidad que poseen los materiales para evitar alteraciones que degraden la calidad del entorno, es decir, cuando la interacción entre sus componentes y el entorno no produce impactos significativos que comprometan la salud de la población ni el equilibrio de los sistemas ambientales. Asimismo, se alcanza este estado cuando los materiales, en contacto con agentes atmosféricos e hídricos, inhiben la lixiviación de metales pesados o la generación de drenaje ácido.	▪ Estabilidad Química	▪ Potencial neto de neutralización (PNN) ▪ Materiales empleados en la cobertura del depósito. ▪ Control de la generación de drenaje ácido.
	Estabilización Biológica Estrategia de restauración ecológica dirigida a restablecer la cobertura vegetal en terrenos degradados o alterados por actividades humanas o naturales. Este proceso involucra la selección cuidadosa de especies autóctonas o adaptadas al ecosistema, considerando su capacidad de establecerse, competir y mantener las funciones del suelo, la regulación hídrica y la biodiversidad local.	▪ Estabilidad Biológica	▪ Adaptación y supervivencia de especies de flora en el área remediada.

Nota. Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación de tipo aplicada, se orienta a la solución de problemas específicos mediante la aplicación sistemática de conocimientos previos. Este enfoque no solo permite implementar estrategias basadas en evidencia, sino que también propicia la generación de nuevos conocimientos a partir de la experiencia obtenida durante su aplicación. (Murillo, 2008)

El presente estudio se enmarca dentro de un nivel de investigación aplicada, ya que, a partir del análisis de fundamentos técnicos y normativos existentes, se evaluará la estabilidad química y biológica durante el cierre del depósito de la Desmontera Excelsior, ubicado en el distrito de Simón Bolívar.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es descriptivo-analítico. Es descriptivo, ya que permite caracterizar las condiciones actuales de estabilidad química y biológica asociadas al cierre del pasivo ambiental minero Excelsior, mediante la descripción de las variables relevantes que influyen en su comportamiento. Asimismo, es analítico,

porque evalúa y analiza la relación entre la aplicación de técnicas de cierre y estabilización y su efecto en la reducción de riesgos ambientales, sustentándose en evidencia científica y análisis técnico.

3.3. Métodos de investigación

El método de investigación es de enfoque cualitativo, orientado a la interpretación de la estabilidad química y biológica del cierre de la Desmontera Excelsior, a partir del análisis sistemático de información documental existente. El análisis se basa en la revisión y evaluación de estudios técnicos previos, informes ambientales, normativas vigentes, documentos de cierre, reportes de monitoreo y literatura científica relacionada con pasivos ambientales mineros.

Asimismo, el método cualitativo permite contextualizar los resultados dentro del marco normativo y ambiental aplicable, facilitando una evaluación integral del desempeño del cierre desde un punto de vista técnico y ambiental.

3.4. Diseño de investigación

El presente estudio se enmarca bajo un diseño de investigación no experimental, de tipo observacional y transversal. El estudio observacional se centra en la recolección de información sobre el estado actual de la Desmontera Excelsior y las características del entorno. Al ser transversal, la investigación permite capturar un panorama general de la situación en un momento específico, proporcionando evidencia sobre la eficacia de las técnicas aplicadas y sus repercusiones en los impactos ambientales y sociales.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

La población de estudio está constituida por la totalidad de la superficie del Depósito de Desmontes Excelsior, el cual abarca una extensión de 69 hectáreas. Dicha

superficie delimita el área de influencia directa donde se llevarán a cabo los análisis y evaluaciones de la presente investigación.

3.5.2. Muestra

La muestra se obtuvo mediante un esquema de muestreo estratificado en el depósito Excélsior. Los puntos de muestreo seleccionados fueron posteriormente homogeneizados, conformando así una unidad representativa del sitio, lo que garantiza que los análisis reflejen de manera confiable las condiciones generales del área estudiada.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Las técnicas empleadas en la investigación son:

- **Revisión documental:** Consiste en la búsqueda, selección, lectura crítica y extracción de datos provenientes de fuentes secundarias (informes técnicos de monitoreo, planes de cierre, auditorías ambientales y estudios de laboratorio previos). Este proceso permite organizar y sistematizar la información existente para respaldar el análisis y la toma de decisiones.
- **Observación de campo:** Inspección directa del lugar para registrar las condiciones actuales del sitio, lo cual proporciona un marco sólido para la interpretación y contextualización de los datos recopilados.

3.6.2. Instrumentos

- Ficha de recolección de información
- Guía de análisis documental
- Aparato Fotográfica

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- Clasificación de información

- Tabulación.
- Análisis e interpretación.

3.8. Tratamiento estadístico

El tratamiento de los datos se realizó mediante la técnica de análisis de contenido, utilizando el software Microsoft Excel como herramienta de soporte para la organización, clasificación y sistematización de la información recolectada. El uso de esta herramienta permitió estructurar las unidades de análisis y facilitar el proceso de codificación de los datos, garantizando que la información se presentara de forma clara, coherente y con sustento en la evidencia documental y de campo vinculada al Pasivo Excelsior.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

La presente investigación se desarrolló en estricta conformidad con los Reglamentos de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión (UNDAC), garantizando el cumplimiento de los estándares académicos y normativos establecidos por la institución. Este marco regulatorio asegura que los procesos de investigación, análisis de información y elaboración del trabajo final se realicen con rigor científico, ética profesional y responsabilidad académica.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

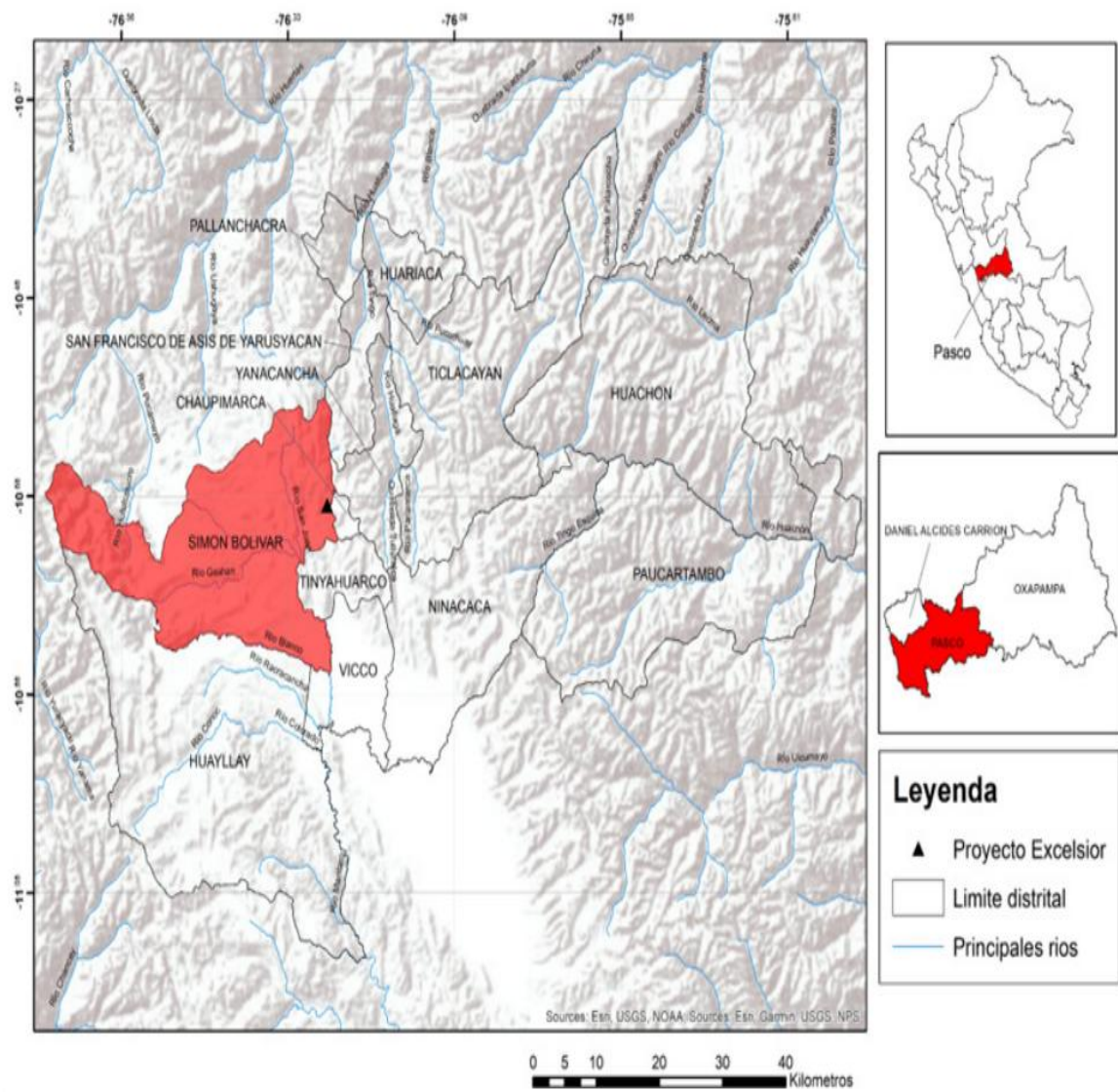
4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Ubicación de la zona a investigar

El depósito de desmontes Excélsior es clasificado como un Pasivo Ambiental Minero (PAM) localizado en el ámbito territorial de la ciudad de Cerro de Pasco, cuya responsabilidad de gestión, intervención y remediación ambiental ha sido asignada a Activos Mineros S.A.C. (AMSAC). El área de estudio se emplaza sobre las estribaciones occidentales de la Cordillera Central, dentro de la unidad fisiográfica correspondiente a la Sierra Central del Perú, caracterizada por un relieve alto andino con pendientes moderadas a pronunciadas. Geográficamente, el depósito se ubica aproximadamente a 1,2 km al suroeste del área urbana de Cerro de Pasco, en el distrito de Simón Bolívar, provincia y departamento de Pasco, a una distancia aproximada de 370 km de la ciudad de Lima y a una altitud promedio de 4 266 m s. n. m.

El depósito se localiza aguas abajo, de las operaciones de Cerro SAC., contiguo y aguas arriba de la Relavera Quiulacocha y anexo a la Comunidad Urbana de Champamarca. (SINIA, 2015)

Figura 2 *Ubicación de la Desmontera Excelsior*



4.1.2. Accesibilidad

Tabla 2 *Accesibilidad al depósito de Desmontes Excélsior*

Ruta	Tramo	Distancia aprox.	Tiempo aprox.	Acceso
Principal (Carretera Central)	Lima – La Oroya	180–200 km	4–5 h	El trayecto inicia en Lima por la Carretera Central hacia el este, atravesando la sierra central hasta La Oroya. Desde La Oroya se sigue por la misma carretera hacia el norte hasta Cerro de Pasco, asegurando continuidad del trayecto hacia el depósito. Desde Cerro de Pasco se accede al depósito por caminos locales hacia el suroeste, transitables para vehículos ligeros. El trayecto puede efectuarse por la Panamericana Norte y carreteras interconectadas, opción usada para traslado de personal y materiales según disponibilidad y condiciones viales.
Principal (Carretera Central)	La Oroya – Cerro de Pasco	130 km	2 h	
Principal (Vías locales)	Cerro de Pasco – Excélsior	1 km	10–15 min	
Complementaria (Panamericana Norte + conexiones)	Lima – Cerro de Pasco	250–310 km	6–8 h	

Nota: Adaptado de Activos Mineros S.A.C.

4.1.3. Desmontera Excelsior

La Desmontera Excelsior constituye un componente crítico en la gestión de pasivos ambientales generados por la actividad minera. El análisis de los materiales depositados en el pasivo ambiental minero Excelsior se caracterizan por su composición mineralógica, dominada por pirita (FeS_2).

La presencia abundante de este mineral es consistente con los resultados de análisis químico-mineralógico, que indican un alto potencial para la generación de drenaje ácido. En las muestras de lixiviado recolectadas en puntos estratégicos del depósito, se confirma la capacidad de estos materiales para movilizar metales pesados hacia el ambiente, afectando la calidad de aguas superficiales y subterráneas, así como la fertilidad y estructura de los suelos adyacentes. (CESEL, 2012)

4.1.4. Topografía

El terreno presenta una morfología irregular, dominada por formas antrópicas producto de la acumulación de desmontes y del movimiento de materiales residuales, lo que ha generado desniveles significativos y pendientes de variada inclinación. En diversos sectores se identifican taludes con pendientes moderadas a elevadas, especialmente en las zonas periféricas de los depósitos de material minero, donde predominan materiales sueltos y de composición heterogénea.

4.1.5. Geotecnia

Los estudios geotécnicos de la Desmontera Excelsior incluyen exploraciones de campo mediante sondeos y ensayos de penetración, así como pruebas de laboratorio para caracterizar la textura, densidad y cohesión de los materiales. Con esta información, se diseñan estrategias de cimentación, drenaje y control de taludes que aseguren un desempeño óptimo de las obras a lo largo del tiempo. De esta manera, la

geotecnia se convierte en un elemento clave para la planificación, construcción y mantenimiento del proyecto, contribuyendo a minimizar riesgos y optimizar recursos.

4.1.6. Geología

La zona de estudio está caracterizada por la presencia de estructuras geológicas de diversa escala, entre las que se incluyen fallas de gran extensión y otras de menor desarrollo. Asimismo, se identifican numerosos plegamientos regionales, representados principalmente por sinclinales y anticlinales que se prolongan a lo largo de amplias áreas.

El lecho rocoso que sustenta tanto los depósitos de desmonte como de relaves se considera suficientemente resistente. Este lecho está constituido por rocas pertenecientes a la formación Casapalca y al Grupo Excélsior, compuestas principalmente por rocas metamórficas y conglomerados cementados.

En el área donde se ubican los depósitos no se identifican fallas activas, lo que indica que la estabilidad de las estructuras no se ve comprometida por la presión ejercida por los materiales depositados sobre el terreno. En conjunto, estas condiciones geotécnicas sugieren que el sitio posee una base sólida y confiable para la disposición de desmonte y relaves.

4.1.7. Geoquímica

El material que conforma el pasivo Excélsior presenta una alta reactividad, debido a la abundancia de minerales sulfurados, especialmente pirita, y a la escasa presencia de minerales carbonatados capaces de neutralizar la acidez. Esta condición genera un elevado potencial de formación de drenaje ácido, particularmente cuando el material entra en contacto con el oxígeno atmosférico y el agua de lluvia.

4.1.8. Muestreos del Desmonte Excélsior

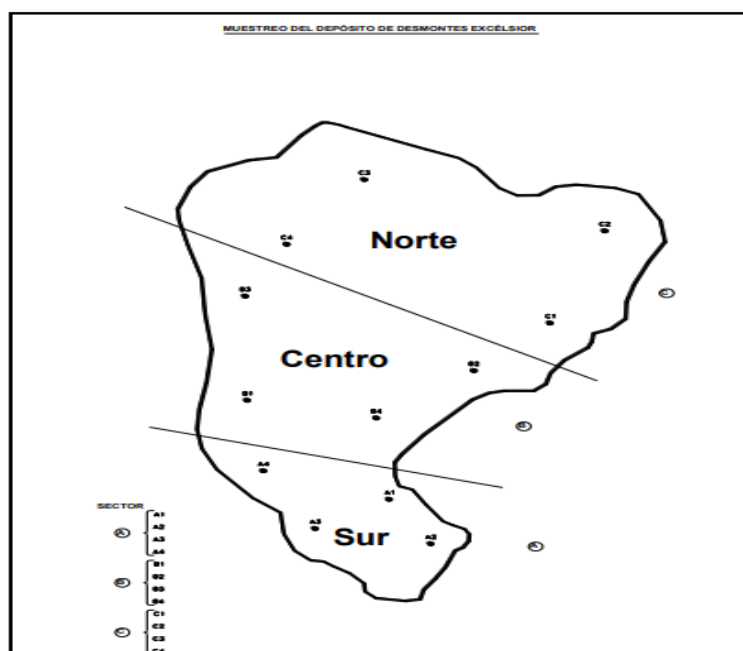
Para el análisis mineralógico y la determinación del Potencial Neto de Neutralización (PNN), se realizó un muestreo representativo en tres zonas, tomando cuatro muestras por zona. Estas muestras fueron compositadas in situ y posteriormente preparadas para su envío a los laboratorios de espectrometría de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI). (CESEL, 2012)

Tabla 3 *Muestras Evaluadas*

Muestra	Coordenadas UTM WGS84		Ubicación
	Este	Norte	
M-1	360860.66	8818220.52	Desmontera Excélsior Zona Sur
M-2	360931.66	8818368.52	Desmontera Excélsior Zona Centro
M-3	361033.66	8818685.51	Desmontera Excélsior Zona Norte

Nota: Adaptado de Activos Mineros S.A.C.

Figura 3 *Sectorización del muestreo del Depósito de Desmontes Excélsior*



4.1.9. Composición mineralógica de muestras

La composición mineralógica se ha determinado mediante observaciones microscópicas y análisis espectral de las tres muestras integradas, reportándose los resultados que se detallan a continuación.

- Muestra M-1: Corresponde a fragmentos de roca que presentan abundante pirita masiva, acompañada de venillas de calcita y cuarzo, así como de óxidos de hierro y arcillas. La composición y la abundancia de los minerales se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 4 Composición y abundancia mineralógica de la M-1

Minerales / Muestra M-1	Fórmula	% en peso
Cuarzo	SiO ₂	25,10
Calcita	CaCO ₃	0,25
Ortoclasa	K(AlSi ₃ O ₈)	0,90
Albita	Na(AlSi ₃ O ₈)	0,70
Anortita	Ca(Al ₂ Si ₂ O ₈)	0,30
Pirita	FeS ₂	70,554
Calcopirita	CuFeS ₂	0,702
Esfalerita	(Zn,Fe)S	0,028
Galena	PbS	0,032
Hematita	Fe ₂ O ₃	0,66
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	0,02
Montmorillonita	Na _{0.3} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ ·xH ₂ O	0,20
Pirolusita	MnO ₂	0,100
Goetita	FeO(OH)	0,30

Nota: Datos e información técnica recopilados del Laboratorio de Espectrofotometría de la UNI

- Muestra M-2: Corresponde a fragmentos de roca fuertemente oxidados, con sulfuros en proceso de alteración, cuarzo, óxidos de hierro y arcillas.

Tabla 5 Composición y abundancia mineralógica de la M-2

Minerales / Muestra M-2	Fórmula	% en peso
Cuarzo	SiO ₂	15,30
Calcita	CaCO ₃	0,12
Ortoclasea	K(AlSi ₃ O ₈)	0,60
Albita	Na(AlSi ₃ O ₈)	0,40
Anortita	Ca(Al ₂ Si ₂ O ₈)	0,20
Pirita	FeS ₂	59,572
Calcopirita	CuFeS ₂	0,012
Esfalerita	(Zn,Fe)S	2,245
Galena	PbS	0,718
Hematita	Fe ₂ O ₃	13,80
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	0,30
Montmorillonita	Na _{0.3} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ xH ₂ O	1,20
Pirolusita	MnO ₂	3,333
Goetita	FeO(OH)	1,70

Nota: Datos e información técnica recopilados del Laboratorio de Espectrofotometría de la UNI

- Muestra M-3: Corresponde a fragmentos de roca con intensa alteración de los feldespatos a caolinita, presencia de óxidos de hierro y granos diseminados de sulfuros. La composición y abundancia mineralógica se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 6 Composición y abundancia mineralógica de la M-3

Minerales / Muestra M-3	Fórmula	% en peso
Cuarzo	SiO ₂	16,20
Calcita	CaCO ₃	0,07
Ortoclasea	K(AlSi ₃ O ₈)	6,40
Albita	Na(AlSi ₃ O ₈)	6,40
Anortita	Ca(Al ₂ Si ₂ O ₈)	3,70
Pirita	FeS ₂	53,442
Calcopirita	CuFeS ₂	0,012
Esfalerita	(Zn,Fe)S	2,224
Galena	PbS	0,072
Hematita	Fe ₂ O ₃	3,90
Caolinita	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	2,60
Montmorillonita	Na _{0.3} (Al,Mg) ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂ xH ₂ O	0,18
Pirolusita	MnO ₂	2,144
Goetita	FeO(OH)	2,50

Nota: Datos e información técnica recopilados del Laboratorio de Espectrofotometría de la UNI

4.1.10. Potencial neto de neutralización de las muestras

El Potencial Neto de Neutralización (PNN) fue determinado mediante la aplicación de una metodología analítica escalonada, la cual inició con la medición del pH en pasta de las muestras recolectadas. Posteriormente, se evaluó el contenido de azufre asociado a compuestos sulfurados y se ejecutó el ensayo de neutralización ácido–base, procedimiento que permitió establecer el valor del PNN.

A partir de esta evaluación, se definió la tendencia de los materiales a comportarse como generadores de acidez en el largo plazo. En función de estos hallazgos, se determinó el sistema de cobertura más adecuado, ya sea una cobertura simple o una cobertura con barrera impermeabilizante y espesor técnico, con el propósito de controlar la generación de acidez en los desmontes Excélsior y reducir el potencial impacto sobre las aguas superficiales y subterráneas

Tabla 7 *Potencial Neto de Neutralización de las tres muestras*

Muestra	pH en pasta	%S	PN	PA	PNN
M-1	5,2	37,97	-14,50	1183,44	-1197,94
M-2	4,3	32,68	-25,62	1021,25	-1046,87
M-3	5,7	29,62	-1,25	915,94	-917,13

Nota: Datos e información técnica recopilados del Laboratorio de Espectrofotometría de la UNI

Donde:

PN = Potencial de neutralización

%S = Porcentaje de azufre como sulfuro

PA = Potencial de acidez

PNN= Potencial Neto de Neutralización.

PN, PA y PNN están expresados en kg CaCO₃/TM y evaluados según:

PH en Pasta: Demuestra una indicación de la acidez total almacenada en la muestra y la extensión en la que ha ocurrido la oxidación, antes del análisis.

Posibilidad de drenaje ácido de muestras

- Determinado en base al resultado del potencial neto de neutralización de las muestras que depende del balance de minerales neutralizantes y sulfuros, considerando:

$$\text{Que: PNN} = \text{PN} - \text{PA}$$

Donde:

PNN Potencial Neto de Neutralización.

PN Potencial de Neutralización.

PA Potencial de Generación de Acidez.

Si $\text{PNN} > +20$; la muestra NO GENERA DRENAJE ÁCIDO

Si $\text{PNN} < -20$; la muestra GENERA DRENAJE ÁCIDO

Si $-20 < \text{PNN} < +20$, muestra de comportamiento INCIERTO

- De acuerdo a estas consideraciones, es posible determinar el comportamiento de las tres muestras ante la presencia de agua, oxígeno y actividad bacteriana, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8 Muestras en presencia de agua, oxígeno y actividad bacteriana

Muestra	Predomina	PNN Kg CaCO ₃ /TM	Drenaje ácido
M-1	Sulfuros	-1197,94	Si
M-2	Sulfuros	-1046,87	Si
M-3	Sulfuros	-917,13	Si

Nota: Datos e información técnica recopilados del Laboratorio de Espectrofotometría de la UNI

A partir de los resultados obtenidos en los análisis del Potencial Neto de Neutralización (PNN) de roca, se concluye que los depósitos de desmonte de Excelsior presentan características generadoras de drenaje ácido

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Evaluación de la Estabilidad química de la Desmontera Excelsior

Geoquímica y DAR. El drenaje ácido de roca se origina de manera natural a partir de la oxidación de minerales sulfurados, proceso que ocurre cuando dichos materiales quedan expuestos simultáneamente al oxígeno y al agua, provocando la movilización y lixiviación de metales asociados. A medida que el proceso avanza, la composición química del drenaje tiende a volverse cada vez más ácida, incrementándose las concentraciones de metales disueltos y la presencia de sólidos en suspensión, producto de la continua lixiviación de los materiales expuestos. El proceso de formación de acidez se desarrolla en tres etapas:

- **Etapa I:** En esta fase inicial, las rocas que contienen azufre, presente principalmente en forma de sulfuros, entran en contacto con el oxígeno atmosférico y el agua de lluvia. Este proceso genera un potencial de acidez que, sin embargo, es contrarrestado por la capacidad de neutralización disponible en la matriz rocosa. Como resultado, el hierro liberado precipita mayoritariamente en forma de hidróxidos. Durante esta etapa, el drenaje se caracteriza por un alto contenido de azufre, ya sea como sulfato o sulfuro, y por valores de pH cercanos a la neutralidad (aproximadamente 7,0).
- **Etapa II:** La segunda etapa comienza cuando los minerales con capacidad neutralizante se agotan o dejan de ser accesibles para interactuar con el drenaje ácido que continúa formándose. Al descender el pH hasta valores cercanos a 4,5, se intensifican las reacciones de oxidación, tanto de naturaleza química como biológica. Este cambio favorece la disolución y movilización de metales, incrementando su concentración en la solución acuosa como consecuencia de procesos de lixiviación. En esta fase, el drenaje se distingue por elevadas

concentraciones de hierro ferroso y compuestos sulfurados.

- **Etapa III:** En la etapa final, la capacidad de neutralización del sistema se ve severamente limitada, ya sea por el consumo total de los minerales neutralizantes o por su recubrimiento con capas de baja permeabilidad que dificultan su reacción. En estas condiciones, la tasa de generación de acidez supera ampliamente la de neutralización, provocando un descenso significativo del pH hacia valores ácidos. El drenaje resultante presenta altas concentraciones de azufre y metales disueltos, producto de una lixiviación intensificada.

Interpretación: En base a los resultados de los análisis del Potencial Neto de Neutralización (PNN) de las muestras de roca, se concluye que los depósitos de desmonte de Excélsior presentan un comportamiento potencialmente generador de drenaje ácido. Cuando las rocas presentan un potencial generador de acidez, se convierten en una fuente significativa de lixiviación de metales, lo que conlleva riesgos importantes de contaminación ambiental. Por ello, durante la etapa de cierre de los componentes mineros, se hace indispensable la implementación de sistemas de cobertura impermeable que limiten el contacto con el agua y el oxígeno, reduciendo así la generación de DAR.

4.2.2. Coberturas utilizadas en la estabilización química del depósito Excélsior

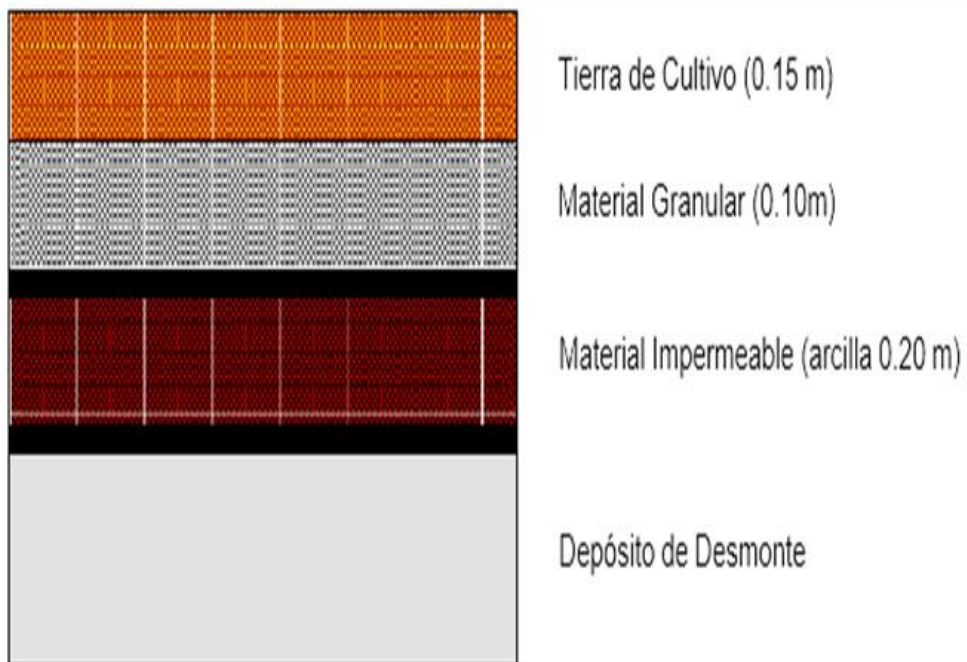
Cobertura tipo I: En plataformas y taludes del Depósito Excélsior

En función de los resultados obtenidos y considerando las condiciones específicas tanto de las plataformas como de los taludes del Depósito de Desmontes Excélsior, se ha establecido la aplicación de un sistema de cobertura especializado. El diseño del sistema de cobertura, así como la definición de las capas requeridas para la revegetación y la selección de las especies vegetales más adecuadas, se fundamentan en el análisis integral de diversos factores ambientales y edáficos. Entre estos se

incluyen las propiedades físicas y químicas de los suelos, el piso altitudinal del área de intervención y, de manera prioritaria, las características geoquímicas de los materiales provenientes del depósito de desmontes.

- **Material Impermeable (arcilla 0.20 m de espesor):** La incorporación de una capa impermeable de arcilla en los taludes y plataformas del depósito de desmonte Excélsior tiene como objetivo principal minimizar la interacción entre los materiales potencialmente generadores de drenaje ácido y los agentes externos, particularmente el agua. El material dispuesto en el depósito presenta condiciones favorables para la generación de drenaje ácido de roca (DAR), lo que justifica la implementación de un sistema de confinamiento orientado a preservar la estabilidad química del área intervenida.
- **Material granular (0.10 m de espesor):** Tiene la función de filtro y drenaje de las aguas que pudieran atravesar la capa de tierra de cultivo o top soil por medio de un sistema de captación, se deriva las aguas fuera del depósito de desmonte encapsulado, evitando su acumulación en la zona remediada.
- **Tierra de cultivo o Top Soil (0.15 m de espesor):** La capa de suelo vegetal constituye el medio edáfico necesario para el establecimiento de la cobertura vegetal propuesta. El espesor considerado permite el desarrollo adecuado del sistema radicular de las especies nativas seleccionadas, favoreciendo su adaptación y permanencia. En el análisis cualitativo, esta capa resulta determinante para la estabilidad biológica del depósito, al facilitar la revegetación y promover la recuperación gradual de las condiciones ecológicas del entorno

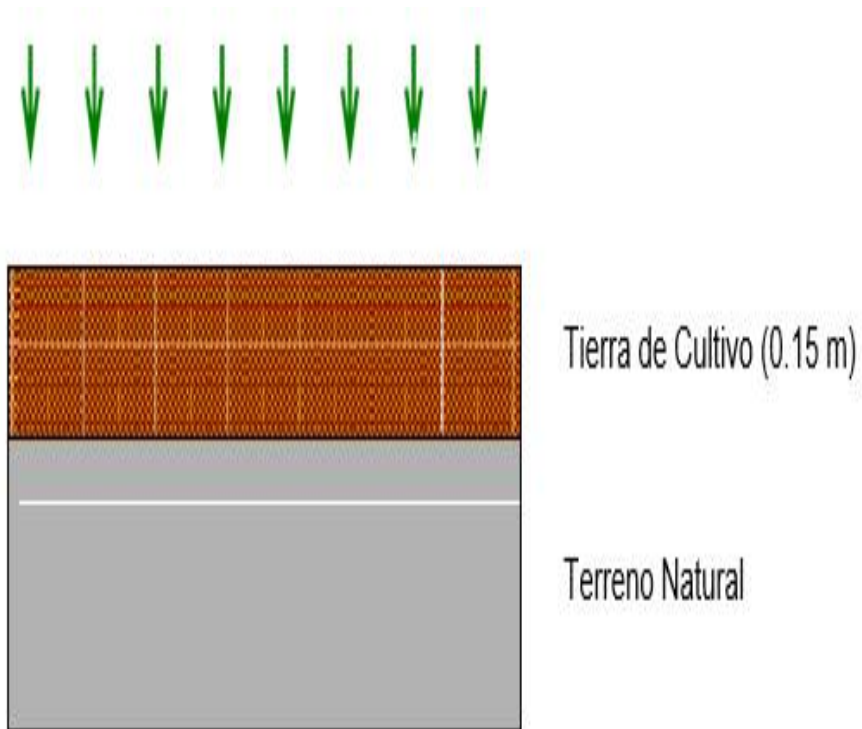
Figura 4 Cobertura TIPO I



Cobertura TIPO II: Cobertura para Áreas de Limpieza

- **Tierra de Cultivo o Top Soil (0.15 m de espesor):** La capa de suelo orgánico cumple la función de proporcionar el sustrato necesario para el establecimiento y desarrollo de las especies vegetales sembradas en las áreas de limpieza. Se considera un espesor de 15 cm, debido a que permite el crecimiento inicial y la adaptación de las especies de pastos nativos seleccionadas para el proceso de revegetación, sin generar sobrecarga innecesaria sobre el terreno intervenido.
- La cobertura y el proceso de revegetación aplicados en estas áreas están orientados a la recuperación superficial del suelo, favoreciendo la estabilización física y la integración paisajística del área intervenida. Asimismo, esta intervención contribuye a la mejora progresiva de las condiciones biológicas del sitio, promoviendo el restablecimiento de la cobertura vegetal como parte del cierre ambiental.

Figura 5 Cobertura TIPO II



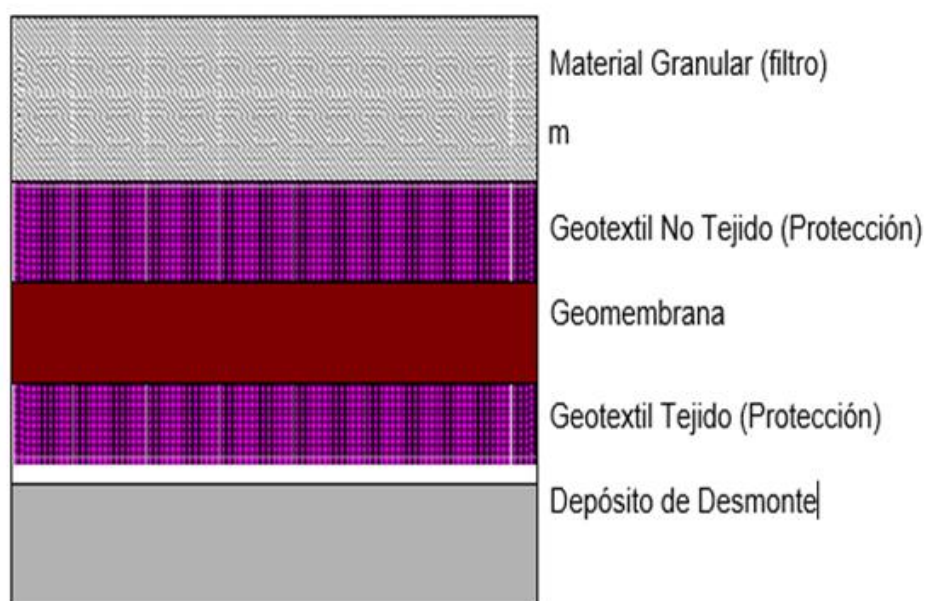
Cobertura TIPO III: A pie de talud en contacto con el Depósito de Relaves Quiulacocha

- **Geomembrana:** La geomembrana se emplea como barrera impermeable dentro del sistema de cobertura, con el propósito de aislar los materiales del depósito de desmonte y reducir su interacción con el agua y el entorno circundante. A partir del análisis cualitativo del Potencial Neto de Neutralización (PNN), se reconoce que el botadero presenta potencial para la generación de drenaje ácido de roca (DAR), lo que justifica la implementación de un sistema de encapsulamiento orientado a la protección ambiental del área, especialmente en su contacto con el depósito de relaves Quiulacocha.
- **Geotextil de Protección:** Cumple la función de separación y protección entre la geomembrana y el material granular dispuesto sobre ella. Desde una perspectiva técnico–descriptiva, su incorporación permite prevenir

daños mecánicos en la geomembrana, tales como perforaciones o desgastes, asegurando la continuidad de la barrera impermeable y la eficacia del sistema de confinamiento del depósito de desmonte.

- **Material Granular (0.30 m de espesor):** Actúa como una capa drenante y filtrante, facilitando la recolección y evacuación de las aguas que puedan infiltrarse en la zona intervenida. Mediante un sistema de captación adecuado, el flujo hídrico es conducido fuera del depósito encapsulado, evitando la acumulación de humedad en el área remediada. Esta capa contribuye a la estabilidad física del sistema de cobertura y al control de procesos erosivos.

Figura 6 Cobertura TIPO III



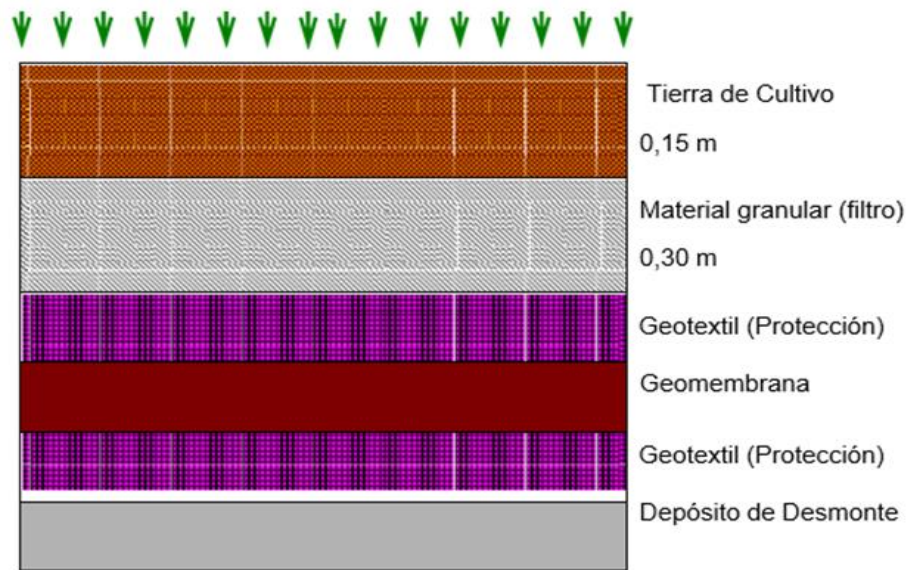
Cobertura TIPO IV: Contacto con terreno natural

- **Geomembrana:** Constituye el componente principal del sistema de encapsulamiento, actuando como una barrera impermeable que limita la interacción entre los materiales del depósito de desmonte y el agua. Su implementación se fundamenta en los resultados del análisis del Potencial

Neto de Neutralización (PNN), los cuales indican que el botadero presenta potencial de generación de drenaje ácido de roca (DAR). Este elemento cumple un rol preventivo en la protección ambiental del área colindante al depósito de relaves.

- **Geotextil de Protección:** Sirve para preservar la integridad estructural de la geomembrana, evitando el contacto directo con el material granular. Este geosintético funciona como una capa separadora que reduce el riesgo de daños mecánicos, tales como fisuras o cortes, asegurando la continuidad del sistema de encapsulamiento y la eficiencia del control hidráulico.
- **Material Granular (0,30 m de espesor):** La capa granular cumple funciones de filtración y drenaje, permitiendo la captación y conducción controlada de las aguas que puedan infiltrarse en el sistema de cobertura. Mediante un sistema de drenaje adecuado, el flujo hídrico es derivado fuera del depósito de desmonte encapsulado, evitando la acumulación de humedad en la zona remediada y contribuyendo a la estabilidad física del área intervenida.
- **Tierra de Cultivo o Top Soil (0,15 m de espesor):** La capa de suelo orgánico proporciona el sustrato necesario para el establecimiento de la cobertura vegetal. El espesor considerado permite el desarrollo inicial de las especies de pastos nativos seleccionadas para la revegetación, favoreciendo su adaptación y permanencia. Esta capa cumple un rol fundamental en la estabilidad biológica del sistema, al promover la recuperación progresiva de las funciones ecológicas del área impactada.

Figura 7 Cobertura TIPO IV

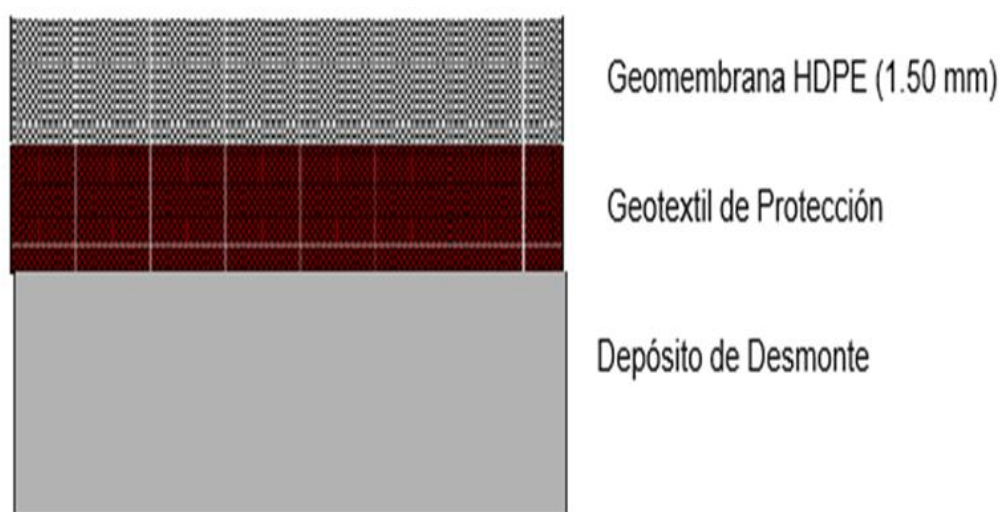


Cobertura TIPO V: Para Pozas de Almacenamiento

- **Geomembrana HDPE (1.50 mm de espesor):** Constituye el principal elemento impermeabilizante del sistema de cobertura, cuya finalidad es asegurar el confinamiento de los taludes y plataformas del depósito de desmonte. Su aplicación se sustenta en los resultados del análisis del Potencial Neto de Neutralización (PNN), los cuales evidencian que el material dispuesto presenta potencial para la generación de drenaje ácido de roca (DAR). En este contexto, la geomembrana actúa como una barrera física que limita la infiltración de agua y la interacción con los materiales potencialmente reactivos, contribuyendo a la estabilidad química del depósito.
- **Geotextil de protección:** Evita el contacto directo entre el depósito de desmonte y la geomembrana, reduciendo el riesgo de daños mecánicos tales como fisuras o cortes que podrían comprometer la continuidad y eficacia del sistema de encapsulamiento. Desde una perspectiva técnica, este elemento cumple una función de separación y amortiguamiento,

garantizando el adecuado desempeño de la cobertura a lo largo del tiempo.

Figura 8 Cobertura TIPO V



Cobertura TIPO VI: Accesos con pendiente

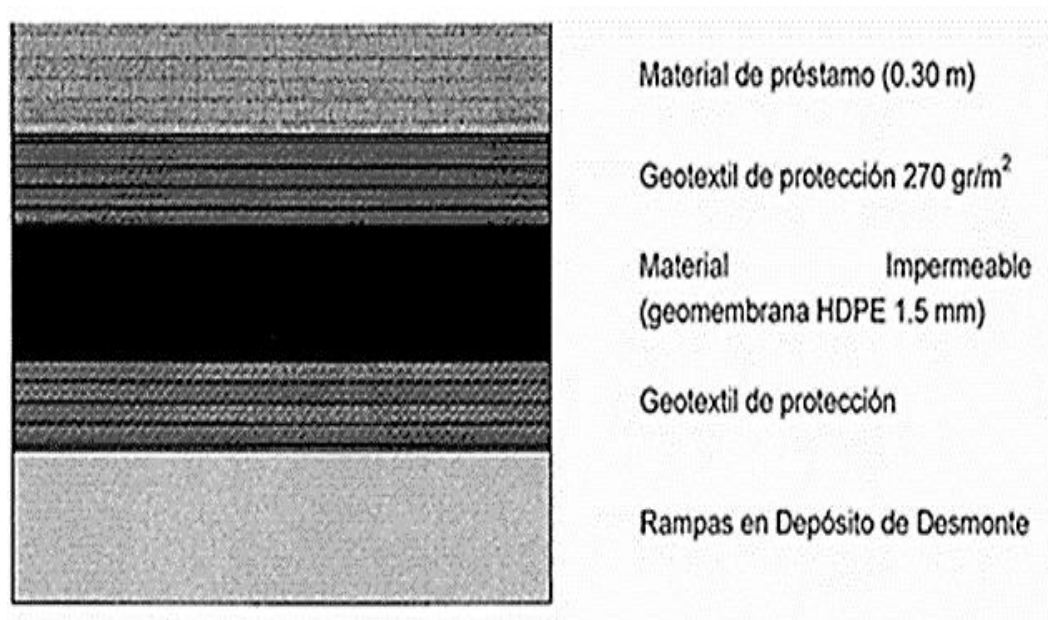
Este tipo de cobertura se instalará sobre las superficies proyectadas para los accesos con pendiente o inclinación, considerando las condiciones operativas y de estabilidad requeridas para el tránsito vehicular y el control ambiental del depósito de desmorte.

- **Geomembrana HDPE (1.50 mm de espesor):** Su función principal es asegurar la impermeabilización de las plataformas del depósito de desmorte. Su aplicación se fundamenta en los resultados del análisis del Potencial Neto de Neutralización (PNN), los cuales indican que los materiales dispuestos presentan potencial para la generación de drenaje ácido. La geomembrana actúa como una barrera física que limita la infiltración de agua y la interacción con los materiales potencialmente reactivos.
- **Geotextil de protección:** Evita el contacto directo entre el sustrato granular y la geomembrana, reduciendo el riesgo de daños mecánicos tales como fisuras o cortes que podrían comprometer la función impermeabilizante de la cobertura. Este

geotextil no tejido presenta un gramaje de 270 g/m², conforme a la (norma ASTM D-526), y está constituido por fibras de polipropileno, agujadas y estabilizadas frente a la radiación ultravioleta, lo que garantiza su durabilidad y desempeño en condiciones ambientales adversas.

- **Geomembrana HDPE (1.50 mm de espesor):** Su función principal es asegurar la impermeabilización de las capas de material de préstamo tiene como finalidad proporcionar estabilidad superficial y facilitar la circulación vehicular frecuente sobre las rampas de acceso. El material empleado corresponde a gravas arenosas bien gradadas, con una proporción reducida de finos de naturaleza arcillosa, lo que permite mejorar la capacidad portante y la resistencia al desgaste. Esta capa contribuye a la estabilidad física del sistema de cobertura y al adecuado funcionamiento de las vías de acceso durante la etapa de cierre.

Figura 9 Cobertura TIPO VI



4.2.3. Análisis de las coberturas implementadas en el Depósito Excelsior

Las coberturas fueron implementadas considerando las características físicas y químicas del pasivo, las condiciones climáticas del área y los lineamientos normativos

vigentes en materia de cierre y remediación ambiental. De las seis coberturas propuestas a partir de las visitas técnicas al Depósito Excelsior y de la información recolectada, se evidencia que, a la fecha, se han implementado casi en su totalidad dos tipos de coberturas, estas coberturas corresponden a aquellas priorizadas dentro del plan de intervención, lo que refleja un avance significativo en la aplicación de las medidas de manejo ambiental previstas.

- Cobertura TIPO I: En Plataformas y taludes del Depósito Excelsior.
- Cobertura TIPO III: A pie de Talud en contacto con el depósito de Relaves.Quiulacocha.

4.2.4. Análisis de Cobertura Tipo I

Figura 10 Colocación de Material Impermeable



Geomembrana: Actúa como barrera impermeable, diseñada para restringir la infiltración de aguas hacia el interior del depósito, garantizando la protección del entorno circundante y contribuyendo al control ambiental del material encapsulado.

Esto estabiliza químicamente los residuos, evitando disolución de metales o liberación de contaminantes solubles.

Figura 11 Colocación de Material granular



Material Granular: Cumple la función de filtro y drenaje, este tipo de material facilita la captación y conducción eficiente de las aguas superficiales e infiltradas, las cuales son dirigidas mediante un sistema de drenaje hacia el exterior del depósito de desmonte encapsulado. De esta manera, se asegura tanto la estabilidad estructural del depósito como un control hidráulico adecuado, minimizando riesgos de erosión, saturación y fallas estructurales.

Tierra de Cultivo: Proporciona el sustrato necesario para el establecimiento y desarrollo de las especies vegetales. Su aplicación contribuye a la estabilización superficial del depósito, promoviendo la recuperación ambiental y paisajística del área intervenida. Asimismo, incrementa la resistencia del suelo frente a procesos erosivos y mejora la integración del depósito con su entorno natural.

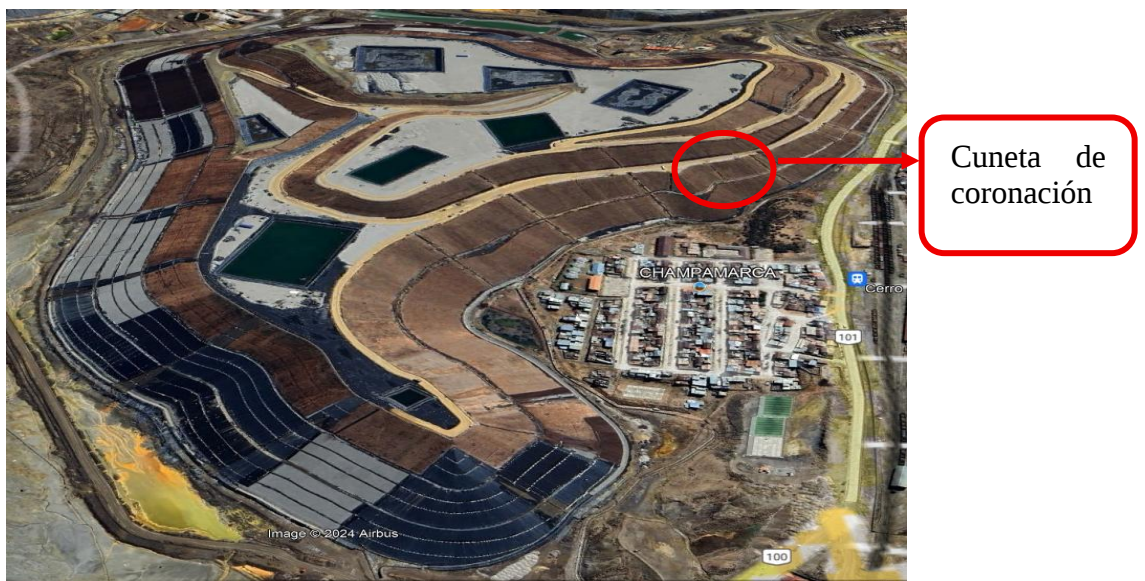
4.2.5. Análisis de Cobertura Tipo III

Figura 12 Colocación de Geotextil de Protección



Geotextil de Protección: Evita el contacto directo entre el sustrato granular y la geomembrana, protegiendo su integridad. Reduce el riesgo de contaminación por lixiviados al impedir que el agua infiltrada arrastre compuestos químicos de los materiales subyacentes al medio ambiente.

Figura 13 Cuneta de coronación



Cunetas de coronación: Su función principal es evitar el ingreso de aguas superficiales hacia el Depósito de Desmonte, disminuyendo el riesgo de erosión y la

generación de lixiviados que podrían comprometer la estabilidad química de los materiales almacenados. La correcta conducción de las aguas evita procesos de erosión y favorece la estabilidad tanto física como química del sistema.

Figura 14 *Cunetas de Captación*



Cunetas de Captación: Las cunetas de captación se encuentran ubicadas en la parte intermedia y superior del depósito. Permiten recolectar de manera controlada el agua de escorrentía y dirigirla hacia sistemas de almacenamiento o tratamiento, evitando la infiltración no controlada. La captación y conducción eficiente del agua contribuye directamente a la estabilidad química del pasivo, al limitar la disolución y transporte de sustancias potencialmente contaminantes.

Figura 15 *Caja de captación*



Caja de captación: Las cajas de captación recolectan las aguas provenientes de los drenajes con tubería, permitiendo su manejo controlado para tratamiento o almacenamiento. Su función es reducir la dispersión de compuestos químicos y asegurar una gestión segura y sostenible del agua del depósito.

Figura 16 *Pozas de almacenamiento de agua*



Pozas de almacenamiento de agua: Recolectan el agua captada en los sistemas de drenaje y cunetas. Esta agua se almacena temporalmente para ser utilizada posteriormente en el riego de coberturas vegetales sobre taludes y plataformas. El riego controlado ayuda a mantener la humedad necesaria para la revegetación y a reducir la movilidad de contaminantes, favoreciendo la estabilidad química y biológica del depósito de desmonte.

Interpretación general

En el marco del cierre del pasivo ambiental Excelsior, se implementaron diversas coberturas como estrategia central para la mitigación de riesgos asociados a la contaminación del suelo y la generación de lixiviados. Las coberturas se diseñaron considerando criterios de impermeabilidad, estabilidad geotécnica y control de infiltración de agua de lluvia, con el objetivo de minimizar la movilidad de contaminantes y favorecer la recuperación ambiental del sitio.

Con base en la información obtenida durante las visitas técnicas y el análisis de campo, se identifica que las coberturas implementadas han logrado cumplir de manera satisfactoria su función principal, asociada a la protección de los materiales expuestos y a la mejora de las condiciones generales del sitio intervenido. Desde el análisis de los resultados, se observa que la presencia de estas coberturas ha contribuido a disminuir procesos adversos como la erosión del suelo, la movilización de residuos y la interacción directa del pasivo con los factores ambientales externos.

Las coberturas compuestas por capas de geomembrana de polietileno de alta densidad (HDPE) y geotextiles de protección lograron reducir significativamente la infiltración de agua, y una reducción notable en la generación de lixiviados. Asimismo, la capa superior de suelo vegetal estabilizado promovió la revegetación natural,

contribuyendo a la reducción de la erosión superficial y al incremento de la cobertura vegetal, factores críticos para la sostenibilidad del cierre del sitio.

Las variaciones en la calidad de los materiales y su instalación podrían inducir alteraciones tanto químicas como biológicas. La estabilidad a largo plazo del depósito depende no solo de la correcta selección de los materiales, sino también de su mantenimiento, monitoreo y la restauración ecológica continua, garantizando que la intervención siga siendo efectiva frente a factores ambientales y procesos de degradación natural. Se observó que la eficacia de las coberturas está directamente asociada a factores climáticos locales, al tipo de material residual y a la correcta secuencia de implementación. En conjunto, estas estrategias permiten que la cobertura no solo cumpla una función inmediata de protección, sino que también garantice la sostenibilidad ambiental del depósito a lo largo de décadas, consolidando su efectividad como medida de cierre a largo plazo, aspectos que deberán considerarse en futuros proyectos de remediación.

4.2.6. Estabilidad biológica

Flora

La remediación de un ecosistema contaminado es la implementación de una serie de medidas correctivas con el objetivo de devolver al suelo a su estado original o al menos a un estado que no represente un riesgo para la salud humana o el ecosistema.

La remediación consta de usar especies vegetales nativas que tengan propiedades de reducir los niveles elevados de diferentes tóxicos mediante la absorción de metales abundantes en los pasivos ambientales que son usados como nutrientes, acumular, metabolizar, volatilizar, haciendo posible la restauración de los suelos y la proliferación de especies propias del lugar.

El monitoreo biológico de remediación ambiental permite evaluar el éxito de la aplicación de la técnica de remediación y el grado de recuperación de las áreas afectadas en el tiempo, permitiéndonos conocer los efectos de la sucesión de especies, de esta manera se pueden predecir, prevenir cambios no deseados y mejorar las técnicas de manejo.

a. Temporada seca

- **Riqueza y abundancia:** En la evaluación de la temporada seca se identificaron un total de 83 especies distribuidas en 22 familias y 16 órdenes taxonómicos en el área de estudio. En los puntos de monitoreo (PM) se registraron 37 especies, mientras que en los puntos de control (PC) se registraron un total de 59 especies.

Tabla 9 Riqueza total de Especies de Flora Silvestre

Nº	Orden	Familia	Especie	Hábito	P.M	P.C
1	Apiales	Apiaceae	Azorella crenata	Hierba	x	x
2	Apiales	Apiaceae	Eryngium humile	Hierba		x
3	Apiales	Apiaceae	Oreomyrrhis andicola	Hierba		x
4	Asparagales	Orchidaceae	Myrosmodes gymnandra	Hierba		x
5	Asterales	Asteraceae	Aphanactis villosa	Hierba	x	x
6	Asterales	Asteraceae	Baccharis alpina	Hierba		x
7	Asterales	Asteraceae	Baccharis caespitosa	Hierba		x
8	Asterales	Asteraceae	Belloa kunthiana	Hierba		x
9	Asterales	Asteraceae	Belloa sp.	Hierba		x
10	Asterales	Asteraceae	Bidens andicola	Hierba		x
11	Asterales	Asteraceae	Cotula australis	Hierba	x	
12	Asterales	Asteraceae	Cotula mexicana	Hierba		x
13	Asterales	Asteraceae	Cuatracasavella isemii	Hierba		x
14	Asterales	Asteraceae	Gamochaeta sp.	Hierba		x
15	Asterales	Asteraceae	Hypochaeris cf. meyeniana	Hierba		x
16	Asterales	Asteraceae	Hypochaeris taraxacoides	Hierba		x
17	Asterales	Asteraceae	Novenia acaulis	Hierba		x
18	Asterales	Asteraceae	Paranephelium ovatus	Hierba	x	
19	Asterales	Asteraceae	Perezia multiflora	Hierba	x	
20	Asterales	Asteraceae	Senecio breviscapus	Hierba		x
21	Asterales	Asteraceae	Senecio spinosus	Hierba		x
22	Asterales	Asteraceae	Werneria caespitosa	Hierba		x
23	Asterales	Asteraceae	Werneria nubigena	Hierba	x	x
24	Asterales	Asteraceae	Werneria villosa	Hierba		x

25	Boraginales	Boraginaceae	Heliotropium sp.	Hierba	x	
26	Boraginales	Boraginaceae	Plagiobothrys cf. congestus	Hierba	x	
27	Brassicales	Brassicaceae	Brayopsis sp.	Hierba		x
28	Brassicales	Brassicaceae	Lepidium bipinnatifidum	Hierba	x	
29	Brassicales	Brassicaceae	Lepidium chichicara	Hierba	x	x
30	Caryophyllales	Caryophyllaceae	Arenaria digyna	Hierba	x	x
31	Caryophyllales	Caryophyllaceae	Cerastium sp.	Hierba		x
32	Caryophyllales	Polygonaceae	Rumex acetosella	Hierba	x	
33	Caryophyllales	Portulacaceae	Calandrinia acaulis	Hierba	x	x
34	Fabales	Fabaceae	Astragalus cf. peruvianus	Hierba	x	
35	Fabales	Fabaceae	Astragalus uniflorus	Hierba		x
36	Fabales	Fabaceae	Lupinus sp.	Hierba	x	x
37	Fabales	Fabaceae	Lupinus sp. 2	Hierba	x	
38	Fabales	Fabaceae	Lupinus sp. 3	Hierba		x
39	Fabales	Fabaceae	Trifolium amabile	Hierba	x	x
40	Gentianales	Gentianaceae	Gentiana sedifolia	Hierba		x
41	Gentianales	Gentianaceae	Gentianella sp.	Hierba		x
42	Gentianales	Gentianaceae	Gentianella sp. 2	Hierba		x
43	Gentianales	Gentianaceae	Halenia cf. caespitosa	Hierba		x
44	Gentianales	Rubiaceae	Galium corymbosum	Hierba	x	
45	Gentianales	Rubiaceae	Galium sp.	Hierba		x
46	Geraniales	Geraniaceae	Geranium cf. ruizii	Hierba		x
47	Geraniales	Geraniaceae	Geranium sessiliflorum	Hierba	x	x
48	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago lamprophylla	Hierba		x
49	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago rigida	Hierba	x	x
50	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago tubulosa	Hierba		x
51	Malvales	Malvaceae	Fuertesimalva sp.	Hierba	x	
52	Malvales	Malvaceae	Tarasa nototrichoide	Hierba	x	
53	Myrtales	Onagraceae	Epilobium denticulatum	Hierba		x
54	Poales	Cyperaceae	Phylloscirpus deserticola	Graminoide		x
55	Poales	Juncaceae	Eleocharis albibracteata	Graminoide		x
56	Poales	Juncaceae	Luzula racemosa	Graminoide		x
57	Poales	Poaceae	Aciachne pulvinata	Graminoide		x
58	Poales	Poaceae	Agrostis breviculmis	Graminoide	x	
59	Poales	Poaceae	Agrostis sp.	Graminoide		x
60	Poales	Poaceae	Alopecurus sp.	Graminoide	x	
61	Poales	Poaceae	Bromus catharticus	Graminoide	x	
62	Poales	Poaceae	Calamagrostis vicunarum	Graminoide		x
63	Poales	Poaceae	Carex boliviensis	Graminoide		x
64	Poales	Poaceae	Cinnagrostis chrysantha	Graminoide		x
65	Poales	Poaceae	Cinnagrostis minima	Graminoide	x	x
66	Poales	Poaceae	Cinnagrostis rigenses	Graminoide		x
67	Poales	Poaceae	Cinnagrostis sp.	Graminoide		x
68	Poales	Poaceae	Hordeum muticum	Graminoide	x	
69	Poales	Poaceae	Lolium sp.	Graminoide	x	
70	Poales	Poaceae	Muhlenbergia cf. fastigiata	Graminoide		x
71	Poales	Poaceae	Muhlenbergia ligularis	Graminoide	x	
72	Poales	Poaceae	Muhlenbergia peruviana	Graminoide	x	x

73	Poales	Poaceae	Paspalum sp.	Graminoide		x
74	Poales	Poaceae	Poa annua	Graminoide	x	
75	Poales	Poaceae	Poa cf. dentigluma	Graminoide	x	
76	Poales	Poaceae	Poa cf. gynmantha	Graminoide	x	
77	Poales	Poaceae	Poa cf. pratense	Graminoide	x	
78	Ranunculales	Ranunculaceae	Oreithales integrifolia	Hierba		x
79	Ranunculales	Ranunculaceae	Ranunculus flagelliformis	Hierba		x
80	Rosales	Rosaceae	Alchemilla diplophylla	Hierba		x
81	Rosales	Rosaceae	Alchemilla pinnata	Hierba	x	x
82	Rosales	Urticaceae	Urtica flabellata	Hierba	x	
83	Solanales	Solanaceae	Solanum acaule	Hierba	x	

Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., monitoreo biológico del Depósito Excelsior.

Figura 17 Riqueza de las Familias registradas en los puntos de Evaluación - TS

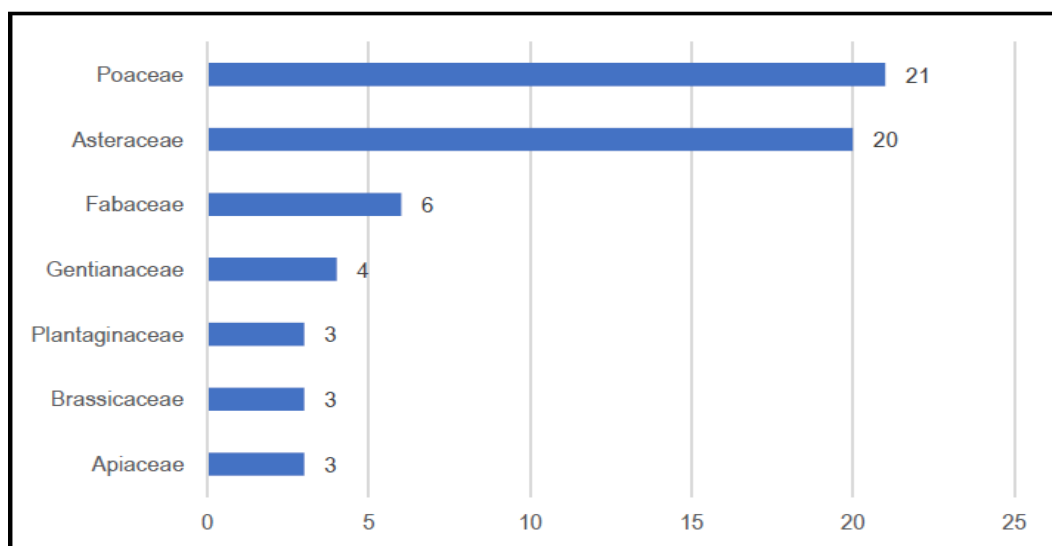
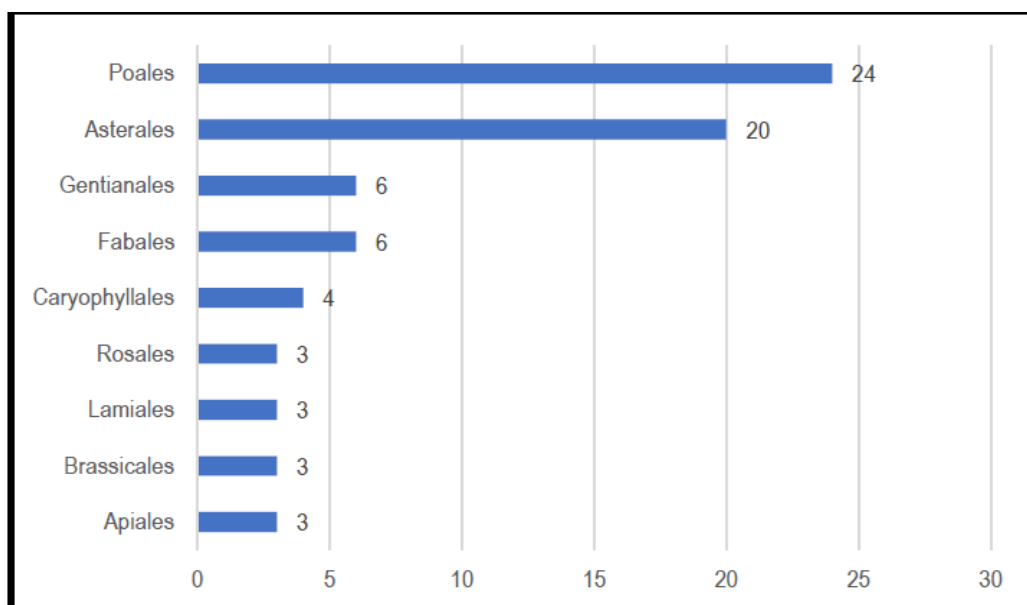


Figura 18 Riqueza de los Órdenes registrados en los puntos de Evaluación - TS



Interpretación: La familia más importante en términos de riqueza fue Poaceae con 21 especies, seguida de Asteraceae con 20 especies, las demás familias con menos de 7 especies. El orden más importante fue Poales con 24 especies, seguido de Asterales con 20 especies, los demás órdenes con menos de 7 especies.

Figura 19 Abundancia específica registradas en los puntos de Evaluación - TS

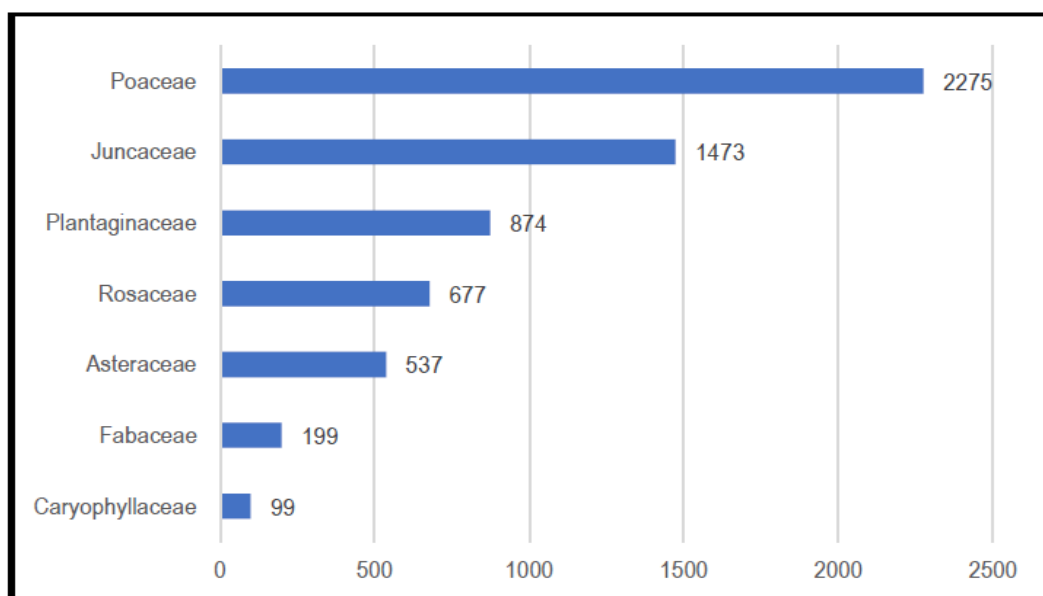
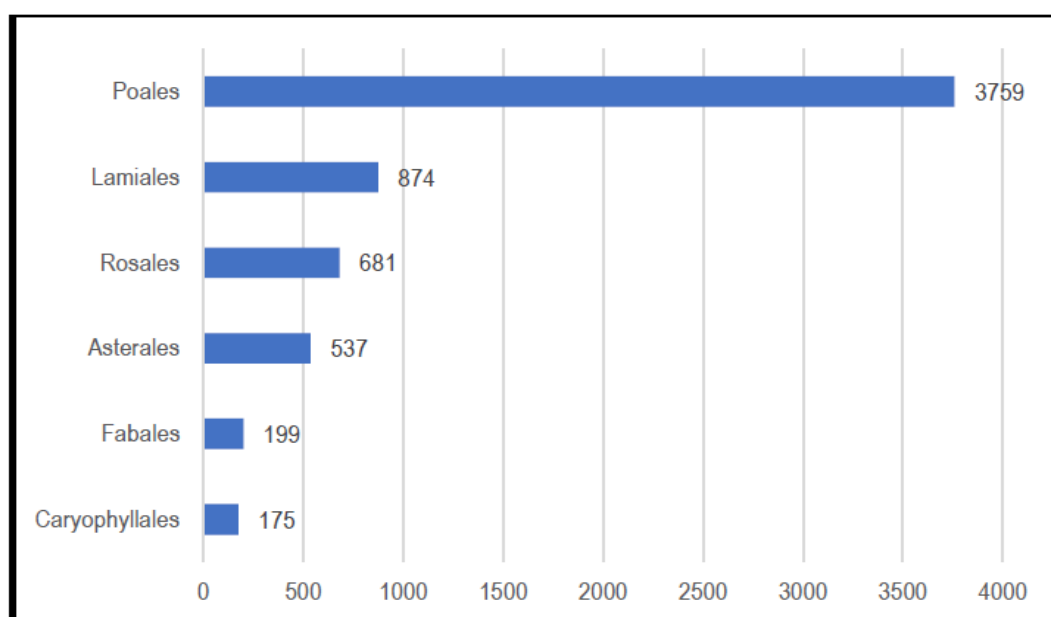


Figura 20 Órdenes más Importantes Registrados en los puntos de Evaluación - TS



Interpretación: La familia más importante en términos de abundancia fue Poaceae con 2275 individuos, seguida de Juncaceae (1473) y Plantaginaceae (874),

las demás familias con menos de 680 individuos. En los órdenes más importantes fueron: Poales con 3759 individuos, Lamiales (874), Rosales (681) y Asterales (537), los demás órdenes con menos de 200 individuos.

Figura 21 *Formas de crecimiento en función a Riqueza - TS*

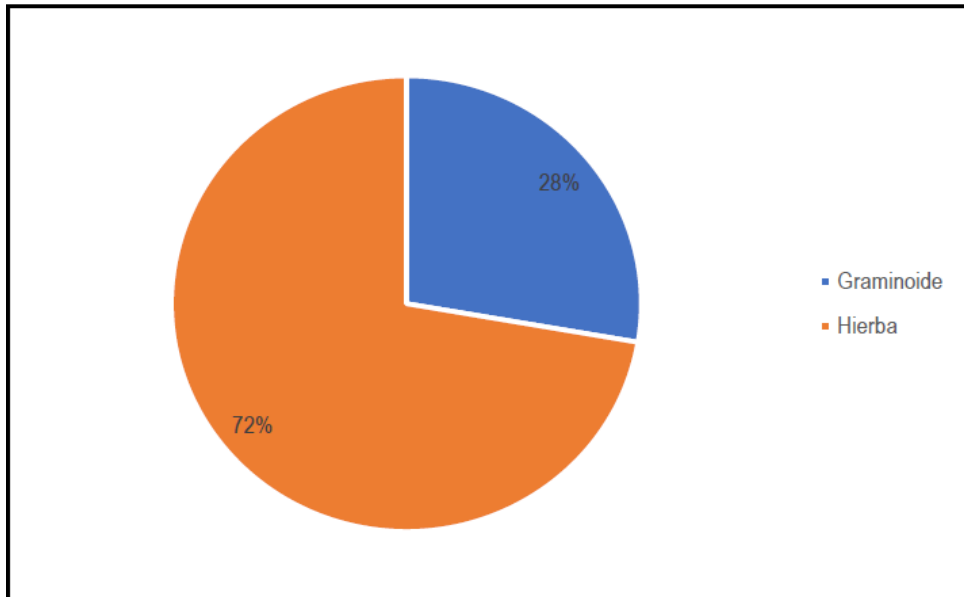
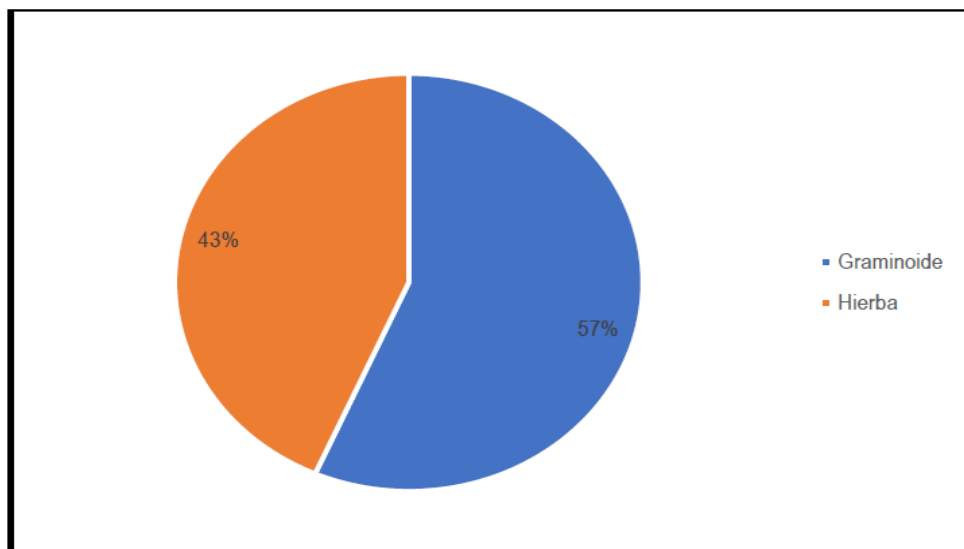


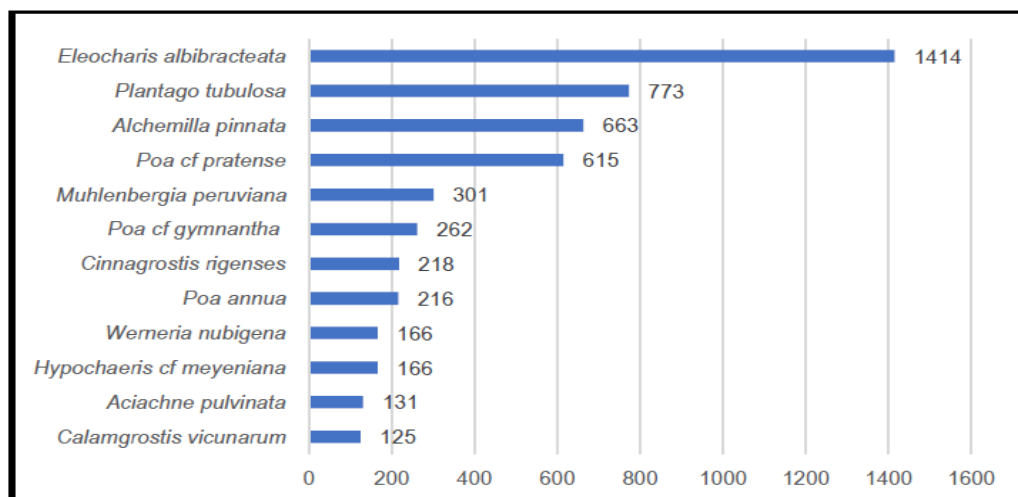
Figura 22 *Formas de crecimiento en función a la abundancia - TS*



Interpretación: Las formas de crecimiento en función a riqueza más importantes fueron las hierbas que representaron el 72% del total, seguidas de los gramínoides (28%) mientras que en la función de abundancia más importantes

fueron las hierbas que representaron el 57% del total, seguidas de los graminoides (43%).

Figura 23 Abundancia Específica de las especies más importantes - TS



Interpretación: Respecto a la abundancia específica, las especies más importantes fueron: *Eleocharis albibracteata* con 1414 individuos, seguida de *Plantago tubulosa* con 773 individuos, *Alchemilla pinnata* (663), *Poa cf pratense* (615), las demás especies con menos de 305 individuos.

Figura 24 Especies más Abundantes en el Área de Estudio - TS



Especies protegidas

Carácter nacional

- DS-043-2006-AG.- No se registran especies en la categoría Casi amenazado (NT).

- Endemismo: León et al. 2006.- No se registran especies

Carácter internacional

- IUCN 2022.- No se registran especies. CITES: Se registran a las especies de la familia, Falconidae.
- CITES 2022.- Se registró a la especie de la familia Orchidaceae citada en

N°	Orden	Familia	Especies	DS-043-2006-AG	IUCN 2022	CITES 2022	Endémico	Registro
1	Asparagales	Orchidaceae	Myrosmodes sp	-	-	II	--	Control4 Y Control5

el Apéndice II.

Tabla 10 *Especies Amenazadas de Flora Silvestre Registrada en el Área de Estudio*

Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., monitoreo biológico del Depósito Excelsior.

Figura 25 *Especie Citada en la Categorías de Conservación – TS*



b. Temporada húmeda

- **Riqueza y abundancia:** Se identificaron un total de 97 especies distribuidas en 24 familias y 17 órdenes taxonómicos en el área de estudio. En los puntos de monitoreo (PM) se registraron 41 especies, mientras que en los puntos de control (PC) se registraron un total de 78 especies.

Tabla 11 *Riqueza total de Especies de Flora Silvestre registrada en el Área de Estudio*

Nº	Orden	Familia	Especie	Hábito	P.M	P.C
1	Apiales	Apiaceae	Eringium humile	Hierba	x	x
2	Apiales	Apiaceae	Chaerophyllum sp.	Hierba		x
3	Apiales	Apiaceae	Oreomyrrhis andicola	Hierba		x
4	Apiales	Apiaceae	Azorella crenata	Hierba	x	x
5	Asparagales	Iridaceae	Sisyrinchium sp.	Hierba		x
6	Asparagales	Orchidaceae	Myrosmodes gymnandra	Hierba		x
7	Asterales	Asteraceae	Senecio spinosus	Arbusto		x
8	Asterales	Asteraceae	Baccharis caepitosa	Arbusto		x
9	Asterales	Asteraceae	Perezia multiflora	Hierba	x	
10	Asterales	Asteraceae	Cotula australis	Hierba	x	
11	Asterales	Asteraceae	Aphanactis villosa	Hierba	x	
12	Asterales	Asteraceae	Belloa kunthiana	Hierba		x
13	Asterales	Asteraceae	Hypochaeris taraxocoides	Hierba	x	x
14	Asterales	Asteraceae	Oritrophium limnophilum	Hierba		x
15	Asterales	Asteraceae	Paranephelium ovatus	Hierba	x	x
16	Asterales	Asteraceae	Baccharis alpina	Hierba		x
17	Asterales	Asteraceae	Cuatrecasasiella isernii	Hierba		x
18	Asterales	Asteraceae	Werneria caespitosa	Hierba		x
19	Asterales	Asteraceae	Novenia acaulis	Hierba		x
20	Asterales	Asteraceae	Senecio breviscapus	Hierba		x
21	Asterales	Asteraceae	Werneria nubigena	Hierba	x	x
22	Asterales	Asteraceae	Cotula mexicana	Hierba		x
23	Asterales	Asteraceae	Hypochaeris cf meyeniana	Hierba		x
24	Boraginales	Boraginaceae	Plagiobothrys cf congestus	Hierba	x	
25	Brassicales	Brassicaceae	Lepidium bipinnatifidum	Hierba	x	

26	Brassicales	Brassicaceae	Brayopsis sp.	Hierba		x
27	Brassicales	Brassicaceae	Nasturtium acuaticum	Hierba		x
28	Brassicales	Brassicaceae	Lepidium chichicara	Hierba	x	x
29	Caryophyllales	Caryophyllaceae	Paronychia muschleri	Hierba		x
30	Caryophyllales	Caryophyllaceae	Arenaria digyna	Hierba	x	x
31	Caryophyllales	Caryophyllaceae	Cerastium arvense	Hierba		x
32	Caryophyllales	Montiaceae	Calandrinia sp.	Hierba	x	
33	Caryophyllales	Montiaceae	Calandrinia acaulis	Hierba	x	x
34	Caryophyllales	Polygonaceae	Rumex acetosella	Hierba	x	
35	Fabales	Fabaceae	Lupinus pickeringii	Hierba	x	x
36	Fabales	Fabaceae	Trifolium amabile	Hierba	x	x
37	Fabales	Fabaceae	Astragalus cf peruvianus	Hierba	x	x
38	Fabales	Fabaceae	Lupinus sp3	Hierba		x
39	Fabales	Fabaceae	Trifolium repens	Hierba	x	x
40	Gentianales	Gentianaceae	Gentiana sedifolia	Hierba		x
41	Gentianales	Gentianaceae	Halenia cf. caespitosa	Hierba		x
42	Gentianales	Gentianaceae	Gentianella dolichopoda	Hierba		x
43	Gentianales	Rubiaceae	Galium corymbosum	Hierba		x
44	Geraniales	Geraniaceae	Geranium sessiliflorum	Hierba	x	x
45	Geraniales	Geraniaceae	Geranium cf ruizii	Hierba		x
46	Lamiales	Orobanchaceae	Castilleja pumila	Hierba		x
47	Lamiales	Orobanchaceae	Bartsia melampyroides	Hierba		x
48	Lamiales	Orobanchaceae	Bartsia tomentosa	Hierba		x
49	Lamiales	Plantaginaceae	Veronica persica	Hierba		x
50	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago sericea	Hierba		x
51	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago rigida	Hierba		x
52	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago lamrophylla	Hierba		x
53	Lamiales	Plantaginaceae	Plantago tubulosa	Hierba		x
54	Malvales	Malvaceae	Fuertesimalva sp.	Hierba	x	

55	Malvales	Malvaceae	<i>Tarasa nototrichoide</i>	Hierba	x	
56	Malvales	Malvaceae	<i>Nototriche</i> sp.	Hierba		x
57	Myrtales	Onagraceae	<i>Epilobium denticulatum</i>	Hierba		x
58	Myrtales	Onagraceae	<i>Oenothera multicaulis</i>	Hierba		x
59	Oxalidales	Oxalidaceae	<i>Oxalis oreocharis</i>	Hierba	x	x
60	Poales	Cyperaceae	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	Graminoide		x
61	Poales	Cyperaceae	<i>Zameioscirpus muticus</i>	Graminoide		x
62	Poales	Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	Graminoide		x
63	Poales	Juncaceae	<i>Luzula volcanica</i>	Graminoide		x
64	Poales	Juncaceae	<i>Luzula racemosa</i>	Graminoide		x
65	Poales	Poaceae	<i>Lolium</i> sp.	Graminoide	x	
66	Poales	Poaceae	<i>Alopecurus</i> sp.	Graminoide	x	
67	Poales	Poaceae	<i>Bromus catharticus</i>	Graminoide	x	
68	Poales	Poaceae	<i>Poa cf dentigluma</i>	Graminoide	x	
69	Poales	Poaceae	<i>Muhlenbergia ligularis</i>	Graminoide	x	
70	Poales	Poaceae	<i>Poa annua</i>	Graminoide	x	
71	Poales	Poaceae	<i>Poa cf gymnantha</i>	Graminoide	x	
72	Poales	Poaceae	<i>Poa cf pratense</i>	Graminoide	x	
73	Poales	Poaceae	<i>Hordeum muticum</i>	Graminoide	x	x
74	Poales	Poaceae	<i>Stipa hans-meyeri</i>	Graminoide		x
75	Poales	Poaceae	<i>Agrostis toluensis</i>	Graminoide		x
76	Poales	Poaceae	<i>Cinnagrostis</i> sp.	Graminoide	x	x
77	Poales	Poaceae	<i>Calamagrostis spicigera</i>	Graminoide		x
78	Poales	Poaceae	<i>Cinnagrostis minima</i>	Graminoide	x	x
79	Poales	Poaceae	<i>Cinnagrostis chrysantha</i>	Graminoide		x
80	Poales	Poaceae	<i>Muhlenbergia peruviana</i>	Graminoide	x	x
81	Poales	Poaceae	<i>Agrostis</i> sp.	Graminoide		x
82	Poales	Poaceae	<i>Muhlenbergia cf fastigiata</i>	Graminoide	x	x
83	Poales	Poaceae	<i>Paspalum</i> sp.	Graminoide		x

84	Poales	Poaceae	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Graminoide		x
85	Poales	Poaceae	<i>Aciachne pulvinata</i>	Graminoide	x	x
86	Poales	Poaceae	<i>Agrostis breviculmis</i>	Graminoide	x	x
87	Poales	Poaceae	<i>Cinnagrostis rigenses</i>	Graminoide		x
88	Poales	Poaceae	<i>Carex boliviensis</i>	Graminoide		x
89	Poales	Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i>	Graminoide	x	
90	Ranunculales	Ranunculaceae	<i>Ranunculus praemorsus</i>	Hierba		x
91	Ranunculales	Ranunculaceae	<i>Oreithales integrifolia</i>	Hierba		x
92	Ranunculales	Ranunculaceae	<i>Ranunculus flagelliformis</i>	Hierba		x
93	Rosales	Rosaceae	<i>Alchemilla diplophylla</i>	Hierba		x
94	Rosales	Rosaceae	<i>Alchemilla aphanoides</i>	Hierba		x
95	Rosales	Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>	Hierba	x	x
96	Solanales	Solanaceae	<i>Salpichroa sp.</i>	Arbusto		x
97	Solanales	Solanaceae	<i>Solanum acaule</i>	Hierba	x	

Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., monitoreo biológico del Depósito Excelsior.

Figura 26 Riqueza de las familias más importantes en los puntos de evaluación - TH

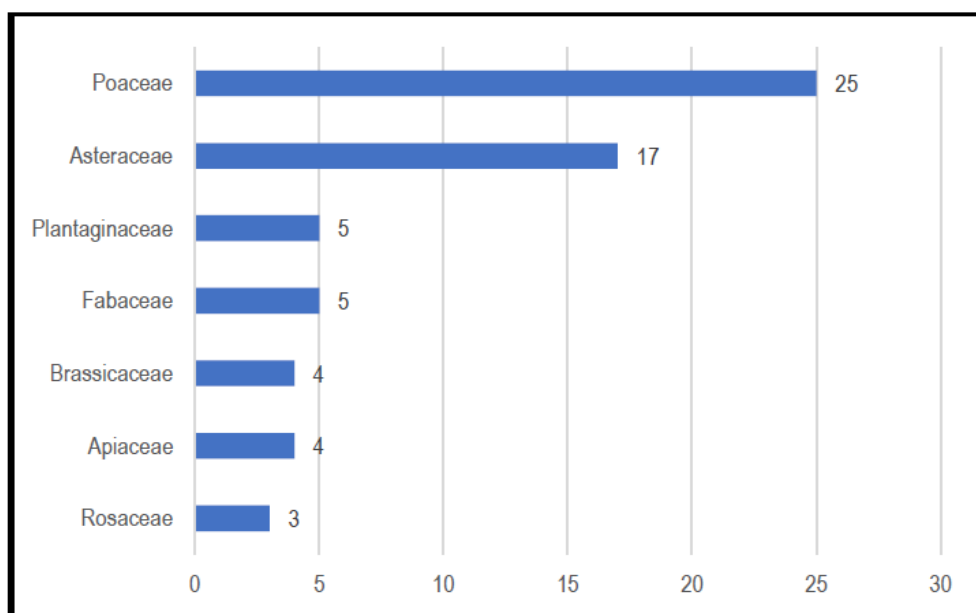
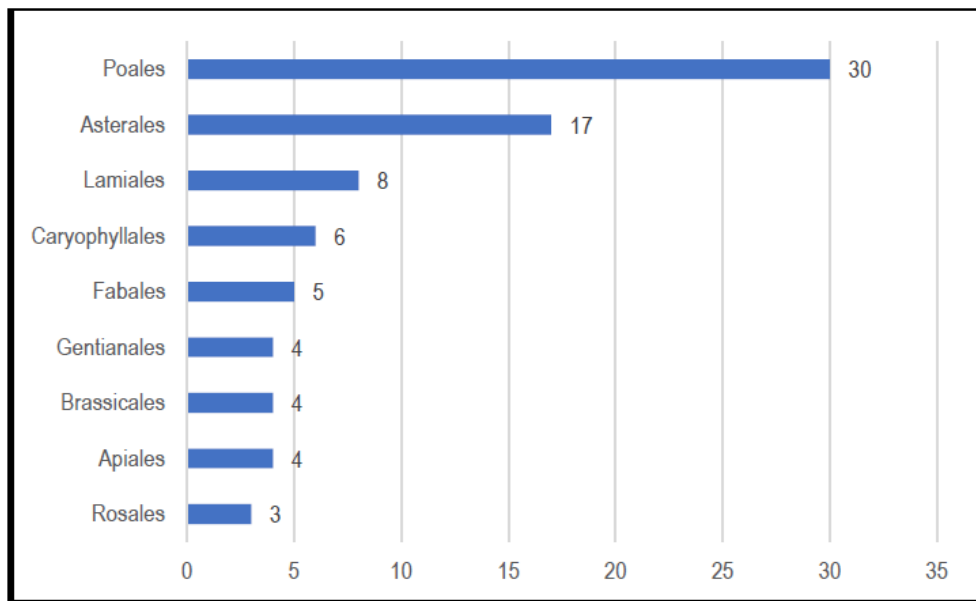


Figura 27 Riqueza de los órdenes más importantes en los puntos de evaluación - TH



Interpretación: La familia más importante en términos de riqueza Poaceae con 25 especies, seguida de Asteraceae con 17 especies, las demás familias con menos de 6 especies. El orden más importante fue Poales con 30 especies, seguido de Asterales con 17 especies, los demás órdenes con menos de 9 especies.

Figura 28 Abundancia de las familias más importantes en los puntos de evaluación - TH

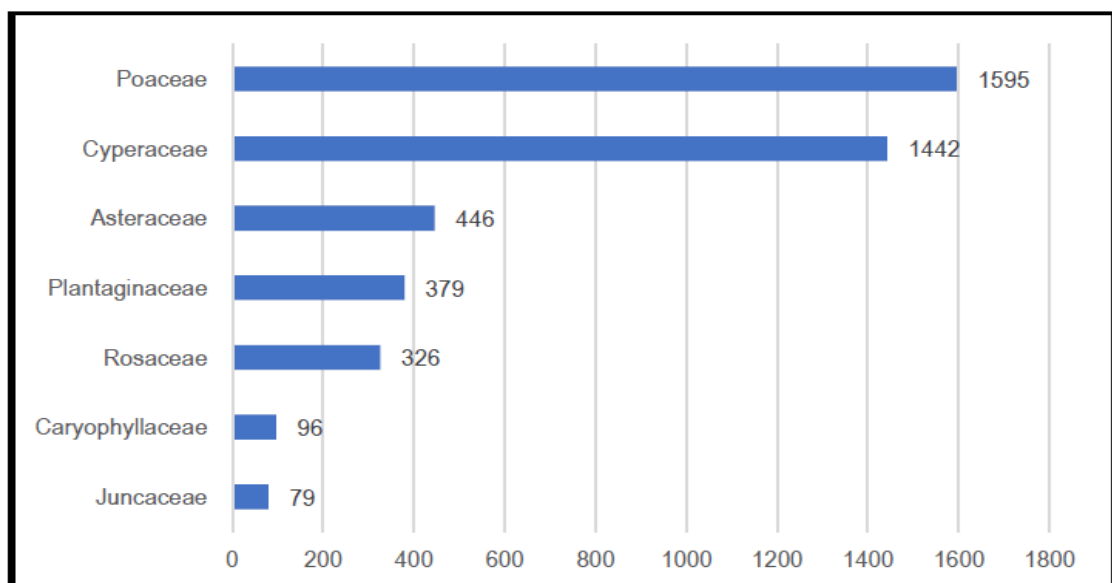
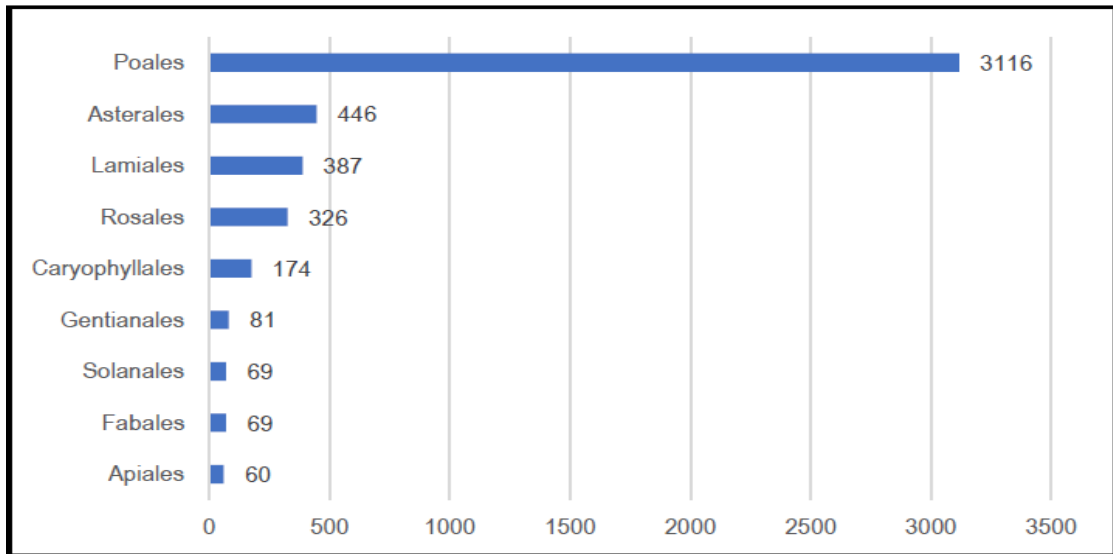


Figura 29 Abundancia de los órdenes más importantes en los puntos de evaluación -

TH



Interpretación: En términos de abundancia, las familias más importantes fueron: Poaceae con 1595 individuos, seguida de Cyperaceae (1442) y Asteraceae (446), las demás familias con menos de 380 individuos. En órdenes más importantes fueron: Poales con 3116 individuos, Asterales (446), Lamiales (387) y Rosales (326), los demás órdenes con menos de 180 individuos.

Figura 30 Forma de crecimiento en función a Riqueza - TH

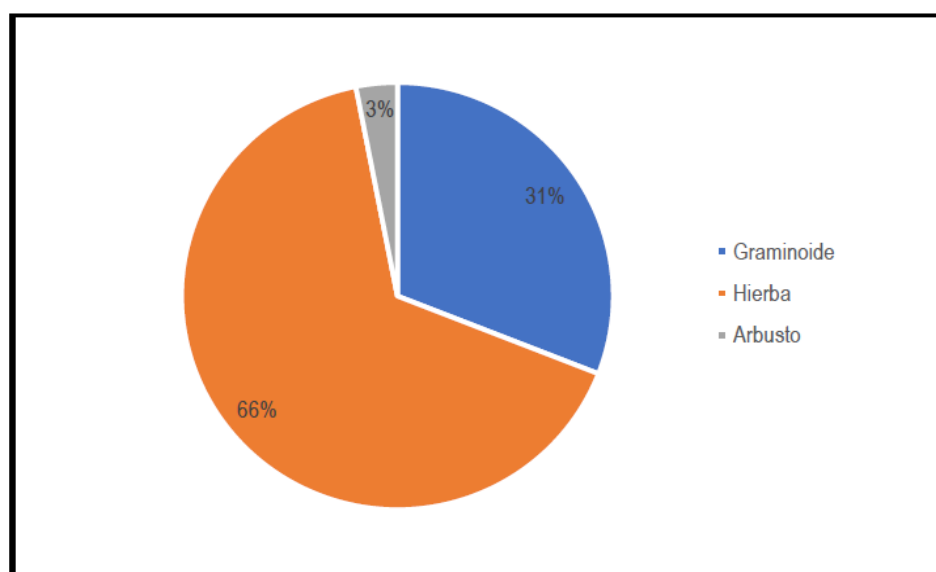
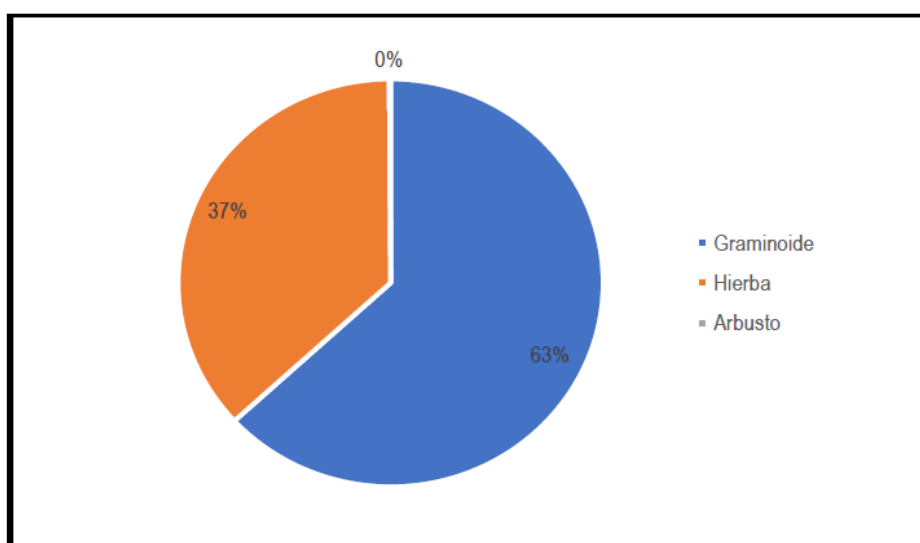
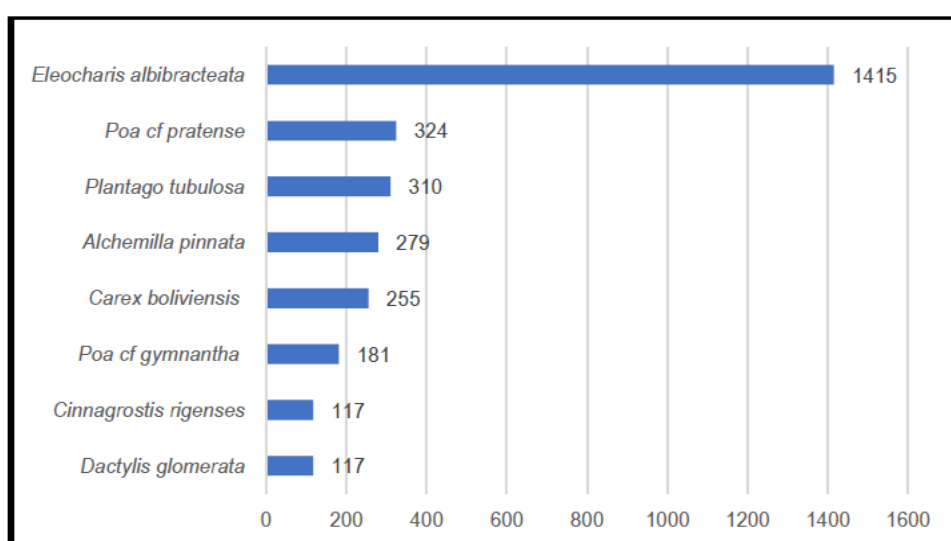


Figura 31 Forma de crecimiento en función a la Abundancia - TH



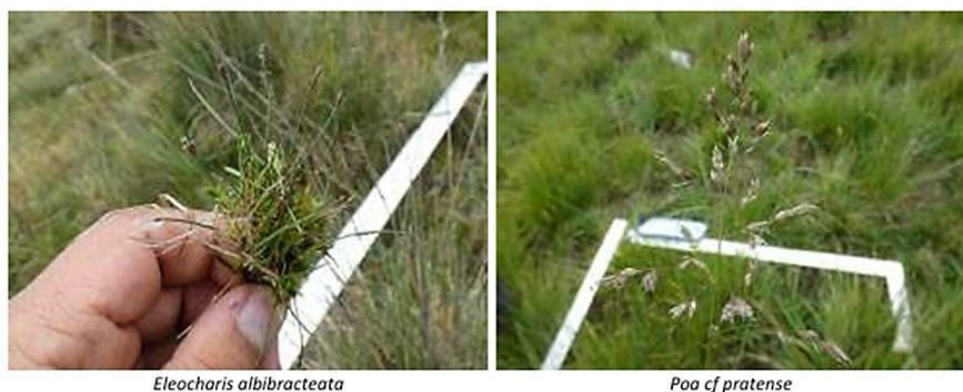
Interpretación: Las formas de crecimiento, en términos de riqueza las más importantes fueron las hierbas que representaron el 66% del total, seguidas de los gramínoides (31%) y los arbustos (3%). Mientras que, en términos de abundancia las formas de crecimiento más importantes fueron los gramínoides que representaron el 63% del total, seguidas de las hierbas (37%) y los arbustos (menos del 1%).

Figura 32 Abundancia específica de las especies más Importantes- TH



Interpretación: Respecto a la abundancia específica, las especies más importantes fueron: *Eleocharis albibracteata* con 1415 individuos, seguida de *Poa cf pratense* con 324 individuos, *Plantago tubulosa* (310), *Alchemilla pinnata* (279), las demás especies con menos de 260 individuos.

Figura 33 *Especies más Abundantes en el Área de Estudio - TH*



Especies protegidas

Carácter nacional

- DS-043-2006-AG.- No se registran especies
- Endemismo: No se registran especies endémicas.

Carácter internacional

- IUCN 2022: No se registran especies.
- CITES 2022: Se registro a la especie de la familia Orchidaceae citada en el Apéndice II.

Tabla 12 *Especies amenazadas de Flora Silvestre registrada en el Área de Estudio*

N°	Orden	Familia	Especies	DS-043-2006-AG	IUCN 2022	CITES 2022	Endémico	Registro
1	Asparagales	Orchidaceae	<i>Myrosmodes gymnandra</i>	-	-	II	--	Control5

Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., monitoreo biológico del Depósito Excelsior.

Figura 34 *Especie citada en la categoría de conservación - TH*



Myrosmodes gymnandra

Análisis comparativo de los resultados de la temporada seca y Húmeda

Durante la temporada seca se registraron un total de 83 especies, distribuidas en 22 familias y 16 órdenes, mientras que durante la temporada húmeda se registraron 97 especies distribuidas en 24 familias y 17 órdenes.

Tabla 13 Análisis comparativo de los resultados de la temporada seca y Húmeda

N°	Orden	Familia	Especie	Hábito	TS	TH
1	Apiales	Apiaceae	<i>Azorella crenata</i>	Hierba	x	x
2	Apiales	Apiaceae	<i>Chaerophyllum sp.</i>	Hierba		x
3	Apiales	Apiaceae	<i>Eringium humile</i>	Hierba	x	x
4	Apiales	Apiaceae	<i>Oreomyrrhis andicola</i>	Hierba	x	x
5	Asparagales	Iridaceae	<i>Sisyrinchium sp.</i>	Hierba		x
6	Asparagales	Orchidaceae	<i>Myrosmodes gymnantra</i>	Hierba	x	x
7	Asterales	Asteraceae	<i>Aphanactis villosa</i>	Hierba	x	x
8	Asterales	Asteraceae	<i>Baccharis alpina</i>	Hierba	x	x
9	Asterales	Asteraceae	<i>Baccharis caepitosa</i>	Arbusto	x	x
10	Asterales	Asteraceae	<i>Belloa kunthiana</i>	Hierba	x	
11	Asterales	Asteraceae	<i>Belloa sp.</i>	Hierba	x	
12	Asterales	Asteraceae	<i>Bidens andicola</i>	Hierba	x	x
13	Asterales	Asteraceae	<i>Cotula australis</i>	Hierba	x	x
14	Asterales	Asteraceae	<i>Cotula mexicana</i>	Hierba	x	x
15	Asterales	Asteraceae	<i>Cuatrecasasiella isernii</i>	Hierba	x	
16	Asterales	Asteraceae	<i>Gamochaeta sp.</i>	Hierba	x	
17	Asterales	Asteraceae	<i>Hypochaeris cf meyeniana</i>	Hierba	x	x
18	Asterales	Asteraceae	<i>Hypochaeris taraxocoides</i>	Hierba	x	
19	Asterales	Asteraceae	<i>Novenia acaulis</i>	Hierba	x	
20	Asterales	Asteraceae	<i>Oritrophium limnophilum</i>	Hierba		
21	Asterales	Asteraceae	<i>Paranephelium ovatus</i>	Hierba	x	
22	Asterales	Asteraceae	<i>Perezia multiflora</i>	Hierba	x	
23	Asterales	Asteraceae	<i>Senecio breviscapus</i>	Hierba	x	
24	Asterales	Asteraceae	<i>Senecio spinosus</i>	Arbusto	x	
25	Asterales	Asteraceae	<i>Werneria caepitosa</i>	Hierba	x	
26	Asterales	Asteraceae	<i>Werneria nubigena</i>	Hierba	x	
27	Asterales	Asteraceae	<i>Werneria villosa</i>	Hierba	x	
28	Boraginales	Boraginaceae	<i>Heliotropium sp.</i>	Hierba	x	
29	Boraginales	Boraginaceae	<i>Plagiobothrys cf congestus</i>	Hierba	x	
30	Brassicales	Boraginaceae	<i>Brayopsis sp.</i>	Hierba	x	
31	Brassicales	Boraginaceae	<i>Lepidium bipinnatifidum</i>	Hierba	x	
32	Brassicales	Boraginaceae	<i>Lepidium chichicara</i>	Hierba	x	
33	Brassicales	Boraginaceae	<i>Nasturtium acuaticum</i>	Hierba		
34	Caryophyllales	Caryophyllaceae	<i>Arenaria digyna</i>	Hierba	x	
35	Caryophyllales	Caryophyllaceae	<i>Cerastium arvense</i>	Hierba		
36	Caryophyllales	Caryophyllaceae	<i>Cerastium sp.</i>	Hierba	x	
37	Caryophyllales	Caryophyllaceae	<i>Paronychia muschleri</i>	Hierba		x

38	Caryophyllales	Montiaceae	<i>Calandrinia acaulis</i>	Hierba	x	x
39	Caryophyllales	Montiaceae	<i>Calandrinia sp.</i>	Hierba		x
40	Caryophyllales	Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	Hierba	x	x
41	Fabales	Fabaceae	<i>Astragalus cf peruvianus</i>	Hierba	x	x
42	Fabales	Fabaceae	<i>Astragalus uniflorus</i>	Hierba	x	
43	Fabales	Fabaceae	<i>Lupinus pickeringii</i>	Hierba		x
44	Fabales	Fabaceae	<i>Lupinus sp.</i>	Hierba	x	
45	Fabales	Fabaceae	<i>Lupinus sp.2</i>	Hierba	x	
46	Fabales	Fabaceae	<i>Lupinus sp3</i>	Hierba	x	x
47	Fabales	Fabaceae	<i>Trifolium amabile</i>	Hierba	x	x
48	Fabales	Fabaceae	<i>Trifolium repens</i>	Hierba		x
49	Gentianales	Gentianaceae	<i>Gentiana sedifolia</i>	Hierba	x	x
50	Gentianales	Gentianaceae	<i>Gentianella dolichopoda</i>	Hierba		x
51	Gentianales	Gentianaceae	<i>Gentianella sp.</i>	Hierba	x	
52	Gentianales	Gentianaceae	<i>Gentianella sp.2</i>	Hierba	x	
53	Gentianales	Gentianaceae	<i>Halenia cf. caespitosa</i>	Hierba	x	x
54	Gentianales	Rubiaceae	<i>Galium corymbosum</i>	Hierba	x	x
55	Gentianales	Rubiaceae	<i>Galium sp.</i>	Hierba	x	
56	Geraniales	Geraniaceae	<i>Geranium cf ruizii</i>	Hierba	x	x
57	Geraniales	Geraniaceae	<i>Geranium sessiflorum</i>	Hierba	x	x
58	Lamiales	Orobanchaceae	<i>Bartsia melampyroides</i>	Hierba		x
59	Lamiales	Orobanchaceae	<i>Bartsia tomentosa</i>	Hierba		x
60	Lamiales	Orobanchaceae	<i>Castilleja pumila</i>	Hierba		x
61	Lamiales	Plantaginaceae	<i>Plantago lamprophylla</i>	Hierba	x	x
62	Lamiales	Plantaginaceae	<i>Plantago rigida</i>	Hierba	x	x
63	Lamiales	Plantaginaceae	<i>Plantago sericea</i>	Hierba		x
64	Lamiales	Plantaginaceae	<i>Plantago tubulosa</i>	Hierba	x	x
65	Lamiales	Plantaginaceae	<i>Veronica persica</i>	Hierba		x
66	Malvales	Malvaceae	<i>Fuertesimalva sp.</i>	Hierba	x	x
67	Malvales	Malvaceae	<i>Nototriche sp.</i>	Hierba		x
68	Malvales	Malvaceae	<i>Tarasa nototrichoide</i>	Hierba	x	x
69	Myrtales	Onagraceae	<i>Epilobium denticulatum</i>	Hierba	x	x
70	Myrtales	Onagraceae	<i>Oenothera multicaulis</i>	Hierba		x
71	Oxalidales	Oxalidaceae	<i>Oxalis oreocharis</i>	Graminoide		x
72	Poales	Cyperaceae	<i>Eleocharis albibracteata</i>	Graminoide	x	x
73	Poales	Cyperaceae	<i>Phylloscirpus deserticola</i>	Graminoide	x	x
74	Poales	Cyperaceae	<i>Zameioscirpus muticus</i>	Graminoide		x
75	Poales	Juncaceae	<i>Luzula racemosa</i>	Graminoide	x	x
76	Poales	Juncaceae	<i>Luzula volcanica</i>	Graminoide		x
77	Poales	Poaceae	<i>Aciachne pulvinata</i>	Graminoide	x	x

78	Poales	Poaceae	<i>Agrostis breviculmis</i>	Graminoide	x	x
79	Poales	Poaceae	<i>Agrostis sp</i>	Graminoide	x	x
80	Poales	Poaceae	<i>Agrostis toluensis</i>	Graminoide		x
81	Poales	Poaceae	<i>Alopecurus sp.</i>	Graminoide	x	x
82	Poales	Poaceae	<i>Bromus catharticus</i>	Graminoide	x	x
83	Poales	Poaceae	<i>Calamagrostis spicigera</i>	Graminoide		x
84	Poales	Poaceae	<i>Calamagrostis vicunarum</i>	Graminoide	x	x
85	Poales	Poaceae	<i>Carex boliviensis</i>	Graminoide	x	x
86	Poales	Poaceae	<i>Cinnagrostis chrysantha</i>	Graminoide	x	x
87	Poales	Poaceae	<i>Cinnagrostis minima</i>	Graminoide	x	x
88	Poales	Poaceae	<i>Cinnagrostis rigenses</i>	Graminoide	x	x
89	Poales	Poaceae	<i>Cinnagrostis sp</i>	Graminoide	x	x
90	Poales	Poaceae	<i>Dactylis glomerata</i>	Graminoide		x
91	Poales	Poaceae	<i>Hordeum muticum</i>	Graminoide	x	x
92	Poales	Poaceae	<i>Lolium sp.</i>	Graminoide	x	x
93	Poales	Poaceae	<i>Muhlenbergia cf fastigiata</i>	Graminoide	x	x
94	Poales	Poaceae	<i>Muhlenbergia ligularis</i>	Graminoide	x	x
95	Poales	Poaceae	<i>Muhlenbergia peruviana</i>	Graminoide	x	x
96	Poales	Poaceae	<i>Paspalum sp.</i>	Graminoide	x	x
97	Poales	Poaceae	<i>Poa annua</i>	Graminoide	x	x
98	Poales	Poaceae	<i>Poa cf dentigluma</i>	Graminoide	x	x
99	Poales	Poaceae	<i>Poa cf gymnantha</i>	Graminoide	x	x
100	Poales	Poaceae	<i>Poa cf pratense</i>	Graminoide	x	x
101	Poales	Poaceae	<i>Stipa hans-meyeri</i>	Graminoide		x
102	Ranunculales	Ranunculaceae	<i>Oreithales integrifolia</i>	Hierba	x	x
103	Ranunculales	Ranunculaceae	<i>Ranunculus flagelliformis</i>	Hierba	x	x
104	Ranunculales	Ranunculaceae	<i>Ranunculus proemosus</i>	Hierba		x
105	Rosales	Rosaceae	<i>Alchemilla aphanoides</i>	Hierba		x
106	Rosales	Rosaceae	<i>Alchemilla diplophylla</i>	Hierba	x	x
107	Rosales	Rosaceae	<i>Alchemilla pinnata</i>	Hierba	x	x
108	Rosales	Urticaceae	<i>Urtica flabellata</i>	Hierba	x	
109	Solanales	Solanaceae	<i>Salpichroa sp.</i>	Arbusto		x
110	Solanales	Solanaceae	<i>Solanum acaule</i>	Hierba	x	x

Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., Monitoreo Biológico del Depósito Excelsior.

Figura 35 *Análisis comparativo de riqueza por puntos de monitoreo y control*

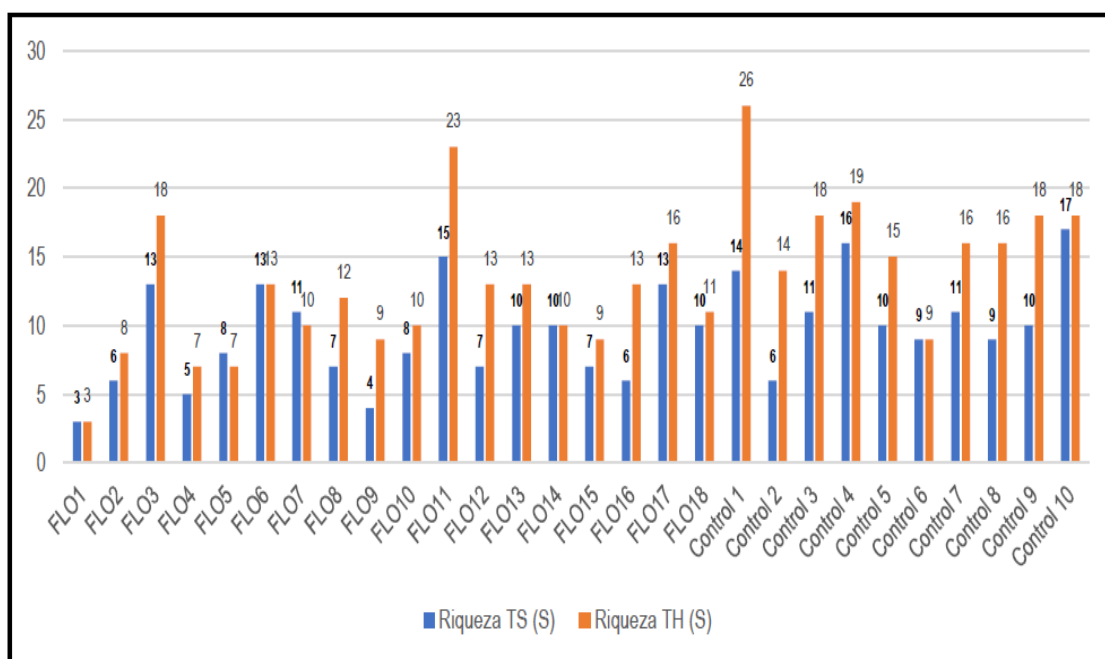
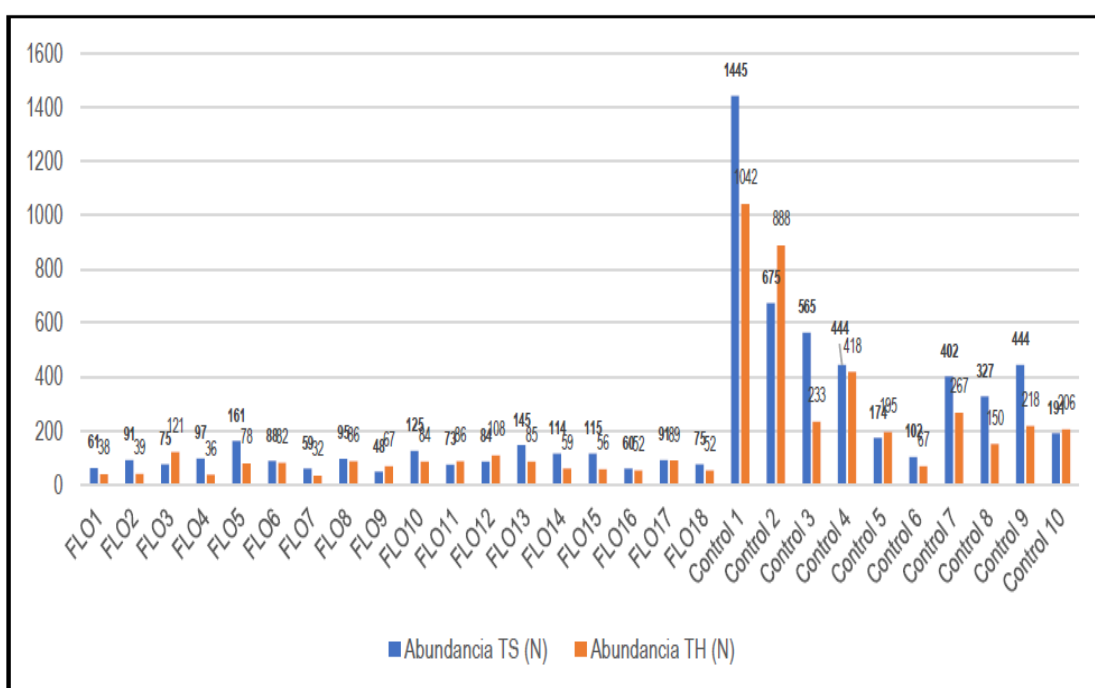


Figura 36 *Análisis Comparativo de Abundancia por de puntos de Monitoreo y Control*



Interpretación: El análisis de riqueza muestra que, a nivel de los puntos de monitoreo, el mejor registro de especies se realizó durante la temporada húmeda, respecto a la temporada seca. A nivel de puntos de control se observa un aumento

de especies para la temporada húmeda. En los puntos de monitoreo FLO1, FLO2, FLO4 y FLO5 se registraron los valores más bajos de riqueza en ambas temporadas. Por lo tanto, el análisis de abundancia muestra que en la mayoría de los casos los resultados fueron más importantes durante la temporada seca, sin embargo, los valores de la abundancia fueron menores de 200 individuos en todos los puntos de monitoreo para ambas temporadas, que, comparando estos resultados con los puntos de control, se traduce como bajos resultados tanto para temporada seca y húmeda.

Se concluye que, en la mayoría de los casos, los puntos de monitoreo han mantenido una diversidad casi constante y propias de cada temporada, al mismo tiempo estas han mantenido algún grado de similitud respecto a los puntos de control.

Fauna

Comprende el conjunto de especies animales que habitan un determinado espacio geográfico o ecosistema. Constituye un componente esencial de los ecosistemas, desempeñando funciones clave en el mantenimiento de los ciclos biogeoquímicos y en la regulación de procesos ecológicos. Su estudio y monitoreo permiten evaluar la biodiversidad, detectar cambios en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas. Asimismo, es fundamental para el diseño de estrategias de manejo, conservación y restauración ambiental.

A. Ornitofauna

Las aves constituyen importantes indicadores de conservación, y su monitoreo continuo permite identificar las tendencias poblacionales a lo largo del tiempo. En el Depósito de desmontes Excelsior, el seguimiento sistemático de la avifauna resulta clave para evaluar el estado de recuperación del área, ya que la presencia,

ausencia o abundancia de determinadas especies refleja directamente la condición del hábitat disponible.

a. Temporada seca

- **Riqueza y abundancia:** Durante la evaluación biológica se identificaron un total de 25 especies distribuidas en 14 familias y 09 órdenes taxonómicos. La familia más importante en términos de riqueza fue Thraupidae con 5 especies, las demás familias con menos de 4 especies.

Tabla 14 Riqueza total de especies de ornitofauna registrada en el área de estudio

Orden	Familia	Especie	Nombre Común
Anseriformes	Anatidae	<i>Anas flavirostris</i>	Pato barcino
Anseriformes	Anatidae	<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato crestón
Anseriformes	Anatidae	<i>Oressochen melanopterus</i>	Huallata
Charadriiformes	Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i>	Avefria andina
Charadriiformes	Laridae	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota andina
Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano
Falconiformes	Falconidae	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	Caracara cordillerano
Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica ardesiaca</i>	Gallareta andina
Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica gigantea</i>	Gallareta gigante
Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus atratus</i>	Jilguero negro
Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus magellanicus</i>	Jilguero encapuchado
Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	Churrete de ala crema
Passeriformes	Furnariidae	<i>Upucerthia validirostris</i>	Bandurrita de pecho anteado
Passeriformes	Passerellidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión de collar rufo
Passeriformes	Thraupidae	<i>Catamenia analis</i>	Semillero de cola bandeada
Passeriformes	Thraupidae	<i>Catamenia inornata</i>	Semillero simple
Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis plebejus</i>	Fringilo de pecho cenizo
Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	Fringilo peruano
Passeriformes	Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	Chirigüe de lomo brillante
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Lessonia oreas</i>	Negrito andino
Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	Dormilona de la puna
Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Plegadis ridgwayi</i>	Ibis de la puna
Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	Carpintero

Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Rollandia rolland</i>	andino Zambullidor pimpollo
Tinamiformes	Tinamidae	<i>Nothoprocta ornata</i>	Perdiz cordillerana

Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., Monitoreo Biológico del Depósito Excelsior.

Figura 37 Riqueza de familias registradas en los puntos de monitoreo - O

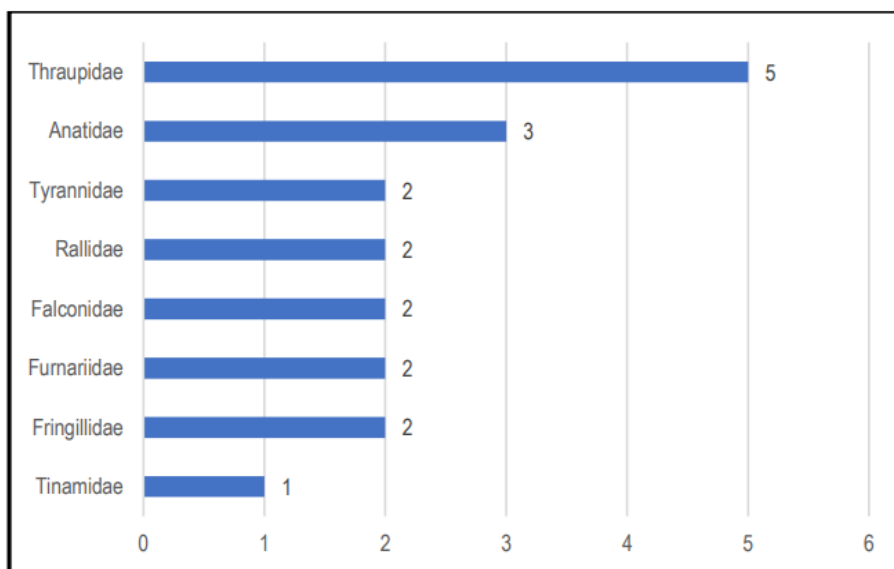
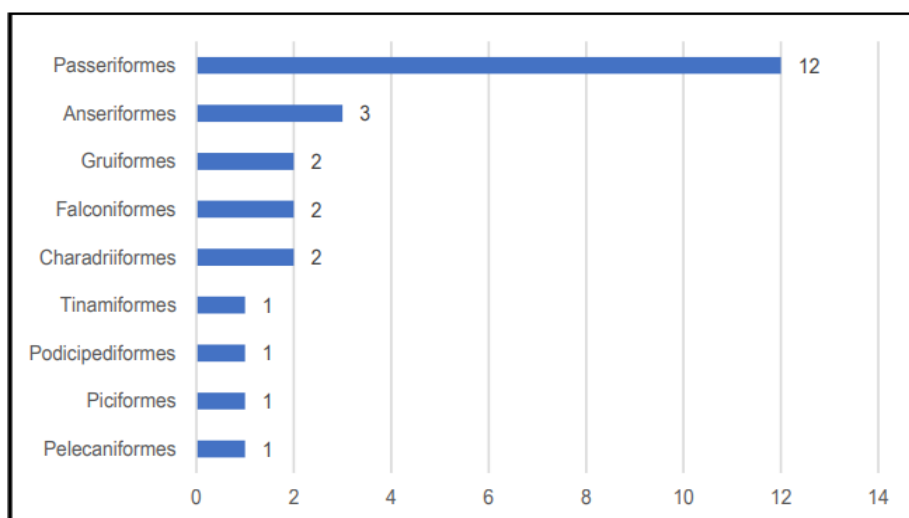
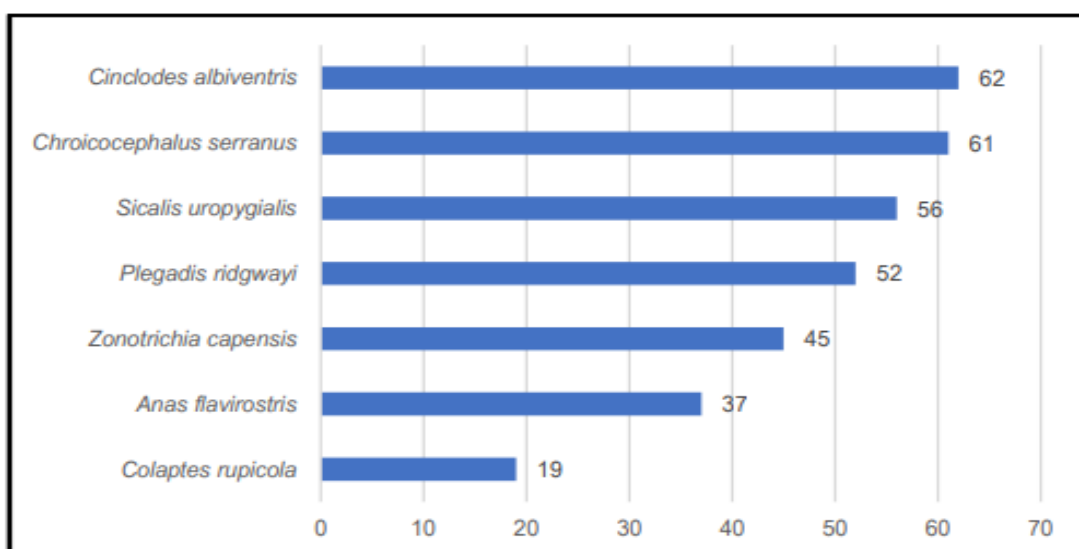


Figura 38 Riqueza de órdenes registrados en los puntos de monitoreo - O



Interpretación: La familia más importante en términos de riqueza fue Thraupidae con 5 especies, las demás familias con menos de 4 especies. El orden más importante fue Passeriformes con 12 especies, los demás órdenes con menos de 4 especies.

Figura 39 Abundancia específica registradas en el área de estudio - O



Interpretación: Respecto a la abundancia específica, las especies más importantes fueron: *Cinclodes albiventris* con 62 individuos, seguido de *Chroicocephalus serranus* (61) y *Sicalis uropygialis* (56), las demás especies con menos de 55 individuos.

Figura 40 Especies más abundantes registradas en el área de estudio - O



Especies protegidas

Carácter nacional

- DS-004-2014-MINAGRI: Se registra a la especie *Fulica gigantea* en la categoría Casi amenazado (NT).
- Endemismo: No se registran especies endémicas.

Carácter internacional

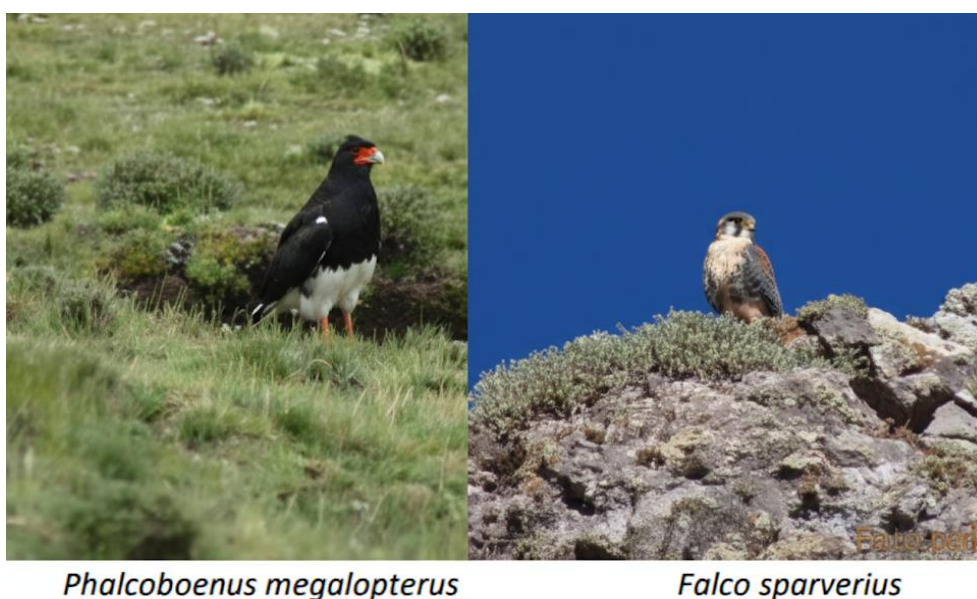
- IUCN: Las 03 especies registradas se encuentran en la categoría de Preocupación menor (LC).
- CITES: Se registran a las especies de la familia, Falconidae.
- CMS: No se registraron especies.
- EBA: No se registraron especies.

Tabla 15 Especies amenazadas de ornitofauna registrada en el área de estudio

N°	Orden	Familia	Especie	Nombre común	DS-004-2014-MINAGRI	IUCN 2022	CITES 2022	CMS 2018	EBA	Endémica	Registro
1	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	-- -	LC	II	-- -	-- -	- -	F7
2	Falconiformes	Falconidae	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	Caracara cordillerano	-- -	LC	II	-- -	-- -	- -	Control3
3	Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica gigantea</i>	Gallareta andina	N T	LC		-- -	-- -	- -	Control3, Control4

Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., monitoreo biológico del Depósito Excelsior.

Figura 41 Especies registradas en las categorías de conservación - O



b. Temporada húmeda

- **Riqueza y abundancia:** Durante la evaluación biológica se identificaron un total de 39 especies distribuidas en 20 familias y 10 órdenes taxonómicos. La familia más importante en términos de riqueza fue Thraupidae y Furnariidae con 6 especies cada uno, las demás familias con menos de 5 especies. El orden más importante fue Passeriformes con 21 especies, los demás órdenes con menos de 5 especies.

Tabla 16 Riqueza total de especies de ornitofauna registrada en el área de estudio

N°	Orden	Familia	Especie	Nombre Común	P.M	P.C
1	Anseriformes	Anatidae	<i>Anas flavirostris</i>	Pato barcino	X	X
2	Anseriformes	Anatidae	<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato Crestón		X
3	Anseriformes	Anatidae	<i>Oressochen melanopterus</i>	Huallata	X	X
4	Anseriformes	Anatidae	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato Rana		X
5	Apodiformes	Trochilidae	<i>Oreotrochilus melanogaster</i>	Estrella de Pecho Negro	X	X
6	Charadriiformes	Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i>	Avefría Andina		X
7	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Tringa flavipes</i>	Playero Pata Amarilla Menor		X
8	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Tringa melanoleuca</i>	Playero Pata Amarilla Mayor		X
9	Charadriiformes	Laridae	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota andina	X	X
10	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco femoralis</i>	Halcón Aplomado		X
11	Falconiformes	Falconidae	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	Caracara Cordillerano		X
12	Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica ardesiaca</i>	Gallareta Andina		X
13	Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica gigantea</i>	Gallareta Gigante		X
14	Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus atratus</i>	Jilguero negro	X	X
15	Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus uropygialis</i>	Jilguero cordillerano	X	
16	Passeriformes	Furnariidae	<i>Asthenes humilis</i>	Canastero de Garganta Rayada	X	
17	Passeriformes	Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	Canastero cordillerano	X	X
18	Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	Churrete de ala crema	X	X
19	Passeriformes	Furnariidae	<i>Geositta cunicularia</i>	Minero común	X	X
20	Passeriformes	Furnariidae	<i>Geositta saxicolina</i>	Minero Andino		X
21	Passeriformes	Furnariidae	<i>Upucerthia validirostris</i>	Bandurrita de pecho anteado	X	
22	Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon andecola</i>	Golondrina andina		X
23	Passeriformes	Passerellidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión de collar rufo	X	X
24	Passeriformes	Thraupidae	<i>Catamenia analis</i>	Semillero de cola bandeada	X	
25	Passeriformes	Thraupidae	<i>Catamenia inornata</i>	Semillero simple	X	
26	Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis plebejus</i>	Fringilo de pecho cenizo	X	X
27	Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Fringilo plumizo	X	
28	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	Fringilo peruano	X	X

29	Passeriformes	Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	Chirigüe de lomo brillante	X	X
30	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero Sabanero	X	
31	Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus chiguanco</i>	Zorzal Chiguanco	X	
32	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Agriornis montanus</i>	Arriero de pico negro	X	
33	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola griseus</i>	Dormilona de Taczanowski	X	
34	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	Dormilona de la puna	X	
35	Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Plegadis ridgwayi</i>	Ibis de la puna	X	X
36	Pelecaniformes	Phoenicopteridae	<i>Phoenicopus chilensis</i>	Flamenco Chileno		X
37	Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	Carpintero andino	X	X
38	Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Podiceps occipitalis</i>	Zambullidor Plateado		X
39	Tinamiformes	Tinamidae	<i>Nothoprocta ornata</i>	Perdiz Cordillerana	X	X

Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., monitoreo biológico del Depósito Excelsior.

Figura 42 Riqueza de las familias más importantes en los puntos de monitoreo - O

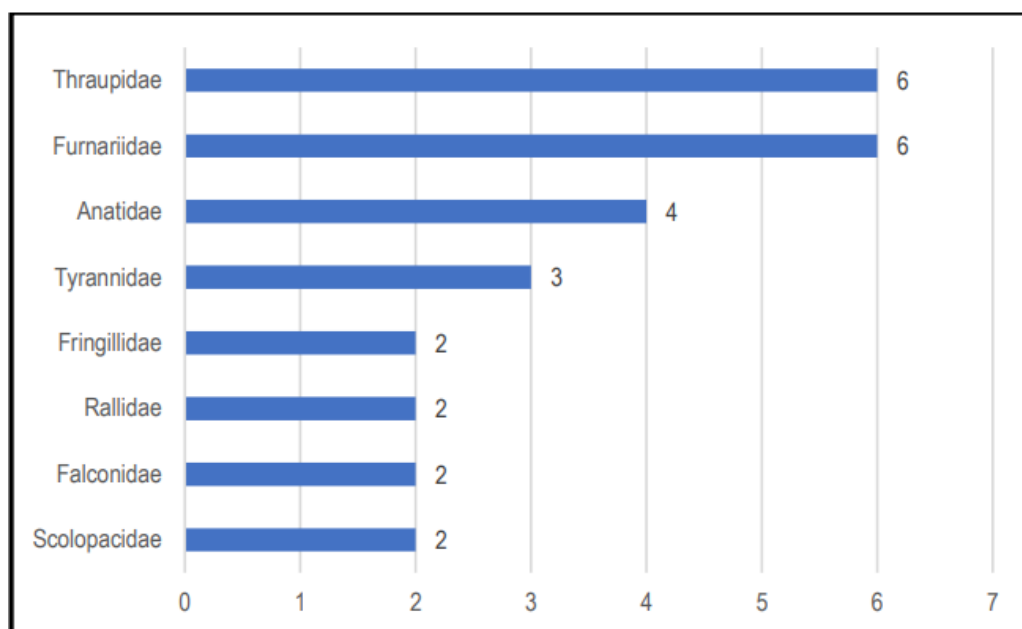
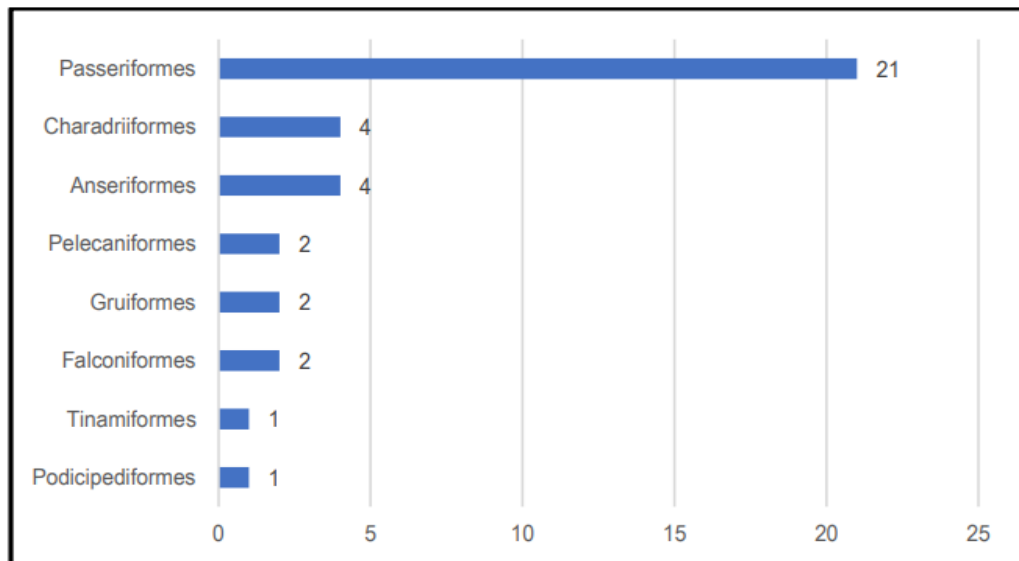


Figura 43 Riqueza de los órdenes más importantes en los puntos de monitoreo - O



Interpretacion: La familia más importante en términos de riqueza fue Thraupidae y Furnariidae con 6 especies cada uno, las demás familias con menos de 5 especies. El orden más importante fue Passeriformes con 21 especies, los demás órdenes con menos de 5 especies.

Figura 44 Abundancia específica de especies más importantes en el área de estudio -

O

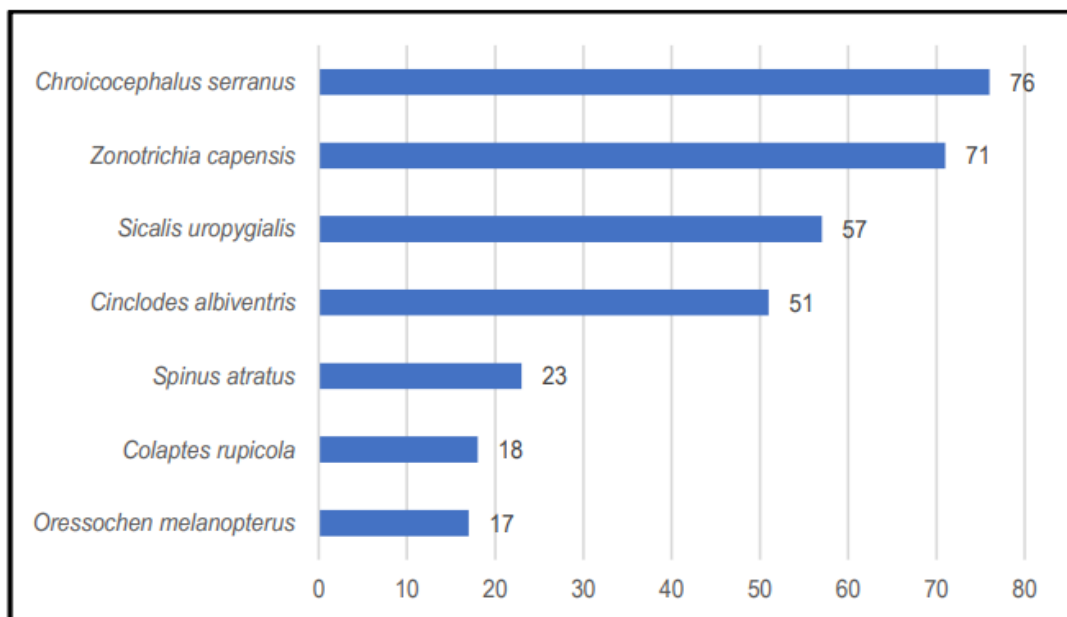


Figura 45 *Especies más abundantes registradas en el área de estudio - O*



Chroicocephalus serranus



Zonotrichia capensis

Especies protegidas

Carácter nacional

- DS-004-2014-MINAGRI: Se registra a la especie *Fulica gigantea* en la categoría Casi amenazado (NT).
- Endemismo: Se registra una especie endémica para el Perú

Carácter internacional

- IUCN: Las 05 especies registradas se encuentran en la categoría de Preocupación menor (LC).
- CITES: Se registran a las especies de la familia Trochilidae y Falconidae.
- CMS: No se registraron especies.
- EBA: No se registraron especies:

Tabla 17 Especies amenazadas de ornitofauna registrada en el área de estudio

N°	Orden	Familia	Especie	Nombre común	DS-004-2014-	IUCN 2022	CITES 2022	CMS 2018	EBA	Endémica	Registro
1	Apodiformes	Trochilidae	<i>Oreotrochilus melanogaster</i>	Estrella de Pecho Negro	--	L	II	--	--	--	F5, Control3
2	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco femoralis</i>	Halcón Aplomado	--	L	II	-	-	-	Control4
3	Falconiformes	Falconidae	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	Caracara Cordillerano	--	L	II	--	--	--	Control3
4	Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica gigantea</i>	Gallareta andina	N	L	--	--	--	--	Control4
5	Passeriformes	Furnariidae	<i>Geositta saxicolina</i>	Minero Andino	T	C	-	-	-	-	Control4

Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., Monitoreo Biológico del Depósito Excelsior.

Figura 46 Especies registradas en las categorías de conservación - O



Falco femoralis



Oreotrochilus melanogaster



Fulica gigantea

Análisis comparativo de los resultados de la temporada húmeda y seca

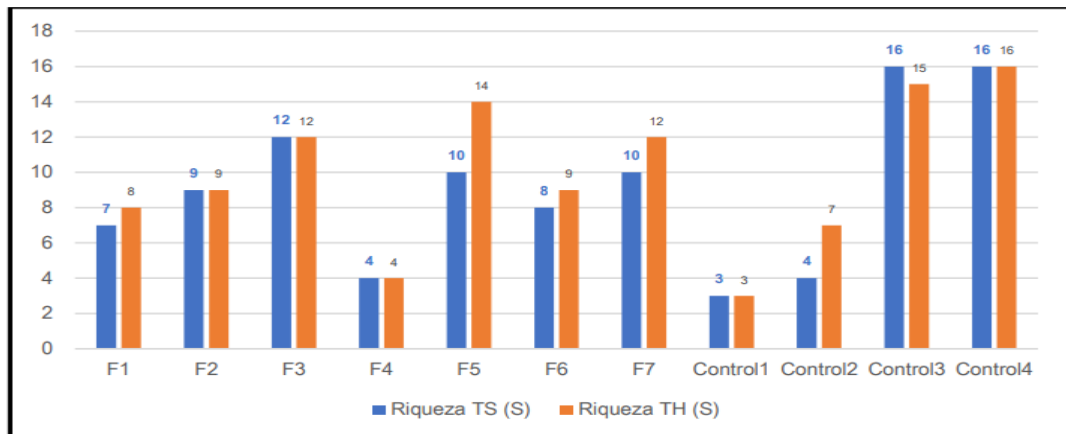
Tabla 18 Riqueza total de Ornitofauna silvestre en las temporadas seca y húmeda

Nº	Orden	Familia	Especie	Nombre Común	TS	TH
1	Anseriformes	Anatidae	<i>Anas flavirostris</i>	Pato barcino	x	x
2	Anseriformes	Anatidae	<i>Lophonetta specularioides</i>	Pato Crestón	x	x
3	Anseriformes	Anatidae	<i>Oressochen melanopterus</i>	Huallata	x	x
4	Anseriformes	Anatidae	<i>Oxyura jamaicensis</i>	Pato Rana		x
5	Apodiformes	Trochilidae	<i>Oreotrochilus melanogaster</i>	Estrella de Pecho Negro		x
6	Charadriiformes	Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i>	Avefría Andina	x	x
7	Charadriiformes	Laridae	<i>Chroicocephalus serranus</i>	Gaviota andina	x	x
8	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Tringa flavipes</i>	Playero Pata Amarilla Menor		x
9	Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Tringa melanoleuca</i>	Playero Pata Amarilla Mayor		x
10	Falconiformes	Falconidae	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	Caracara Cordillerano	x	x
11	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco femoralis</i>	Halcón Aplomado		x
12	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	x	
13	Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica ardesiaca</i>	Gallareta Andina	x	x
14	Gruiformes	Rallidae	<i>Fulica gigantea</i>	Gallareta Gigante	x	x
15	Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus atratus</i>	Jilguero negro	x	x
16	Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus uropygialis</i>	Jilguero cordillerano		x
17	Passeriformes	Fringillidae	<i>Spinus magellanicus</i>	Jilguero encapuchado	x	
18	Passeriformes	Furnariidae	<i>Cinclodes albiventris</i>	Churrete de ala crema	x	x
19	Passeriformes	Furnariidae	<i>Upucerthia validirostris</i>	Bandurrita de pecho anteado	x	x
20	Passeriformes	Furnariidae	<i>Asthenes humilis</i>	Canastero de Garganta Rayada		x
21	Passeriformes	Furnariidae	<i>Asthenes modesta</i>	Canastero cordillerano		x
22	Passeriformes	Furnariidae	<i>Geositta cunicularia</i>	Minero común		x
23	Passeriformes	Furnariidae	<i>Geositta saxicolina</i>	Minero Andino		x
24	Passeriformes	Hirundinidae	<i>Orochelidon andecola</i>	Golondrina andina		x
25	Passeriformes	Passerellidae	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión de collar rufo	x	x
26	Passeriformes	Thraupidae	<i>Catamenia analis</i>	Semillero de cola bandeada	x	x
27	Passeriformes	Thraupidae	<i>Catamenia inornata</i>	Semillero simple	x	x
28	Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis plebejus</i>	Fringilo de pecho cenizo	x	x
29	Passeriformes	Thraupidae	<i>Phrygilus punensis</i>	Fringilo peruano	x	x
30	Passeriformes	Thraupidae	<i>Sicalis uropygialis</i>	Chirigüe de lomo brillante	x	x
31	Passeriformes	Thraupidae	<i>Geospizopsis unicolor</i>	Fringilo plumizo		x
32	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero Sabanero		x
33	Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus chiguanco</i>	Zorzal Chiguanco		x
34	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola juninensis</i>	Dormilona de la puna	x	x
35	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Agriornis montanus</i>	Arriero de pico negro		x
36	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola griseus</i>	Dormilona de Taczanowski		x
37	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Lessonia oreas</i>	Negrito andino	x	
38	Pelecaniformes	Phoenicopteridae	<i>Phoenicopus chilensis</i>	Flamenco Chileno		
39	Pelecaniformes	Threskiornithidae	<i>Plegadis ridgwayi</i>	Ibis de la puna	x	x
40	Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>	Carpintero andino	x	x
41	Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Podiceps occipitalis</i>	Zambullidor Plateado		x
42	Podicipediformes	Podicipedidae	<i>Rollandia rolland</i>	Zambullidor pimpanillo	x	
43	Tinamiformes	Tinamidae	<i>Nothoprocta ornata</i>	Perdiz Cordillerana	x	x

Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., Monitoreo Biológico del Depósito Excelsior.

Interpretación: En la evaluación de la temporada seca se registraron un total de 25 especies, pertenecientes a 14 familias y 9 órdenes, mientras que la Temporada húmeda se registraron un total de 39 especies, distribuidos en 20 familias y 10 órdenes taxonómicos.

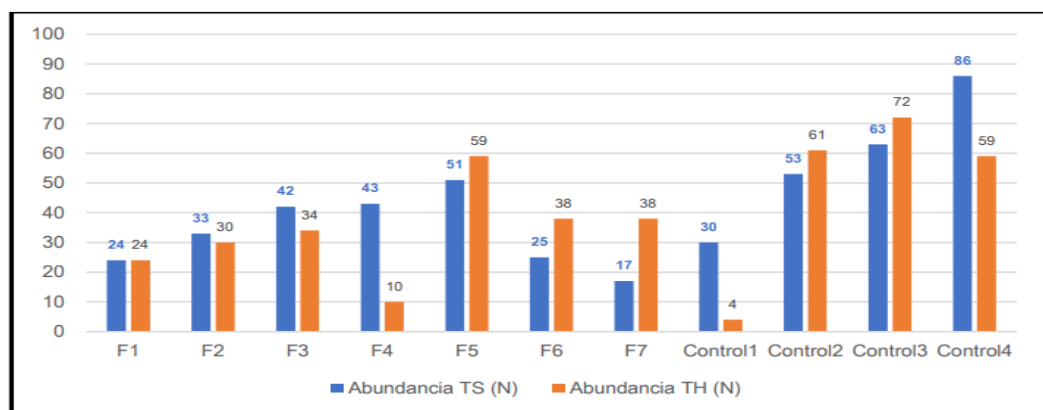
Figura 47 *Análisis comparativo de Riqueza por puntos de monitoreo y control - O*



Interpretación: El análisis de riqueza muestra, los mejores resultados se presentaron durante la temporada húmeda en todos los puntos, asimismo, se observa que en los puntos F1, F3, F4, control1 y Control4 los valores se mantuvieron constantes entre las temporadas, mientras que para los puntos F1, F5 y F7 la diversidad aumento de la temporada seca a la húmeda.

Figura 48 *Análisis comparativo de Abundancia por puntos de monitoreo y control –*

O



Interpretación: El análisis de abundancia muestra que la mayor cantidad de individuos se observó durante la temporada seca para los puntos de monitoreo, con excepción de los puntos F5, F6 y F7 que mostraron mejores resultados durante la temporada húmeda, manteniéndose constante en el punto F1.

Tabla 19 Especies amenazadas de Ornitofauna en las temporadas seca y húmeda

N°	Familia	Especie	Nombre Español	D.S. 004-2014-MINAGRI	IUCN 2022	CITES 2022	EBA	ENDEMICA	Registrado TS	Registrado TH
1	Trochilidae	<i>Oreotrochilus melanogaster</i>	Estrella de Pecho Negro	--	LC	II	-	-		F5, Control3
2	Falconidae	<i>Falco femoralis</i>	Halcón Aplomado	--	LC	II	-	-		Control4
3	Falconidae	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	--	LC	II	-	-	F7	
4	Falconidae	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	Caracara Cordillerano	--	LC	II	-	x	Control3	Control3
5	Rallidae	<i>Fulica gigantea</i>	Gallareta andina	NT	LC	--			Control3, Control4	Control4
6	Furnariidae	<i>Geositta saxicolina</i>	Minero Andino	--	LC	--				Control4

Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., Monitoreo Biológico del Depósito Excelsior.

Interpretación: En la temporada seca se registró 03 especies y para la temporada húmeda 05 especies citadas en las categorías de conservación nacional e internacional. Del total de especies registradas tanto en la temporada seca como la temporada húmeda, todas se encuentran en la categoría de Menor preocupación (LC) según la IUCN.

B. Mastozoología

La mastozoología proporciona herramientas fundamentales para la investigación ecológica, la evaluación de la biodiversidad y el diseño de estrategias de conservación, manejo de poblaciones y restauración de hábitats. Asimismo, permite analizar la diversidad y evolución de los mamíferos, sus adaptaciones a distintos ecosistemas y su papel funcional dentro de las comunidades biológicas.

Temporada seca

a. Mamíferos menores

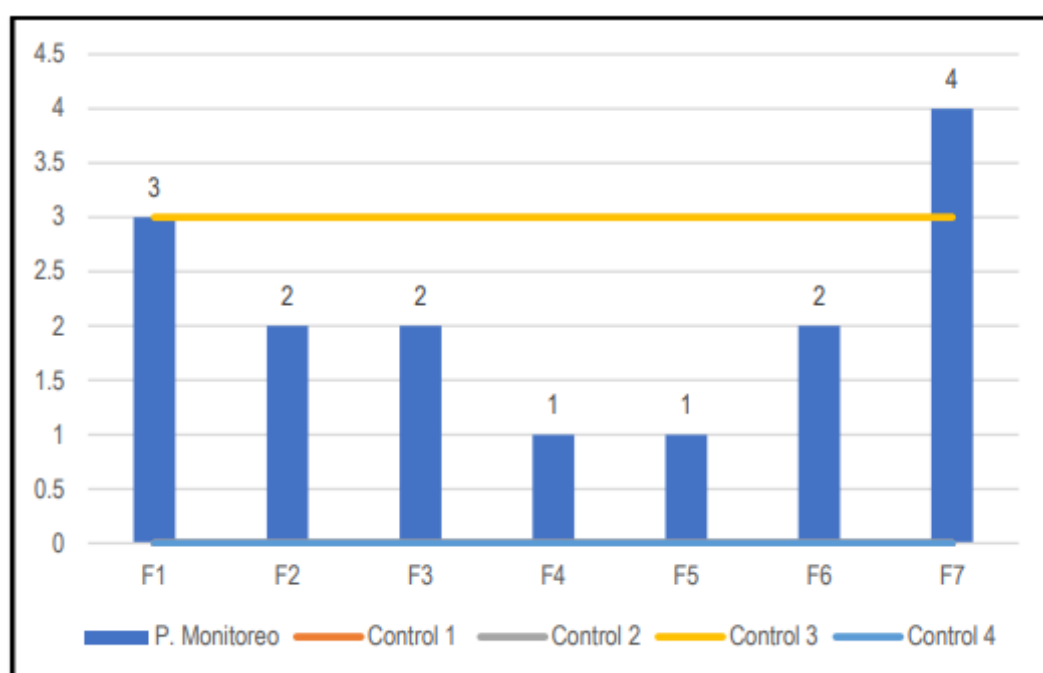
- **Riqueza y abundancia:** En la evaluación biológica se identificaron un total de 54 individuos pertenecientes a 06 especies de la familia Cricetidae y orden Rodentia, siendo los registros mayores en los puntos de monitoreo con 06 especies y 48 individuos, mientras que el registro en los puntos de control fue de 03 especies con 06 individuos

Tabla 20 Riqueza total de especies de mamíferos menores registrada en el área de estudio

N°	Orden	Familia	Especie	Nombre común	P.M.	P.C.
1	Rodentia	Cricetidae	Abrothrix jelskii	Ratón campestre de jelski	x	x
2	Rodentia	Cricetidae	Akodon juninensis	Ratón campestre de Junín	x	
3	Rodentia	Cricetidae	Auliscomys pictus	Ratón orejón pintado	x	x
4	Rodentia	Cricetidae	Calomys miurus	Ratón vespertino	x	
5	Rodentia	Cricetidae	Calomys lepidus	Ratón vespertino precioso	x	
6	Rodentia	Cricetidae	Calomys sorellus	Ratón vespertino rojizo	x	x

Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., Monitoreo Biológico del Depósito Excelsior.

Figura 49 Riqueza de mamíferos menores en comparación con puntos de control – TS

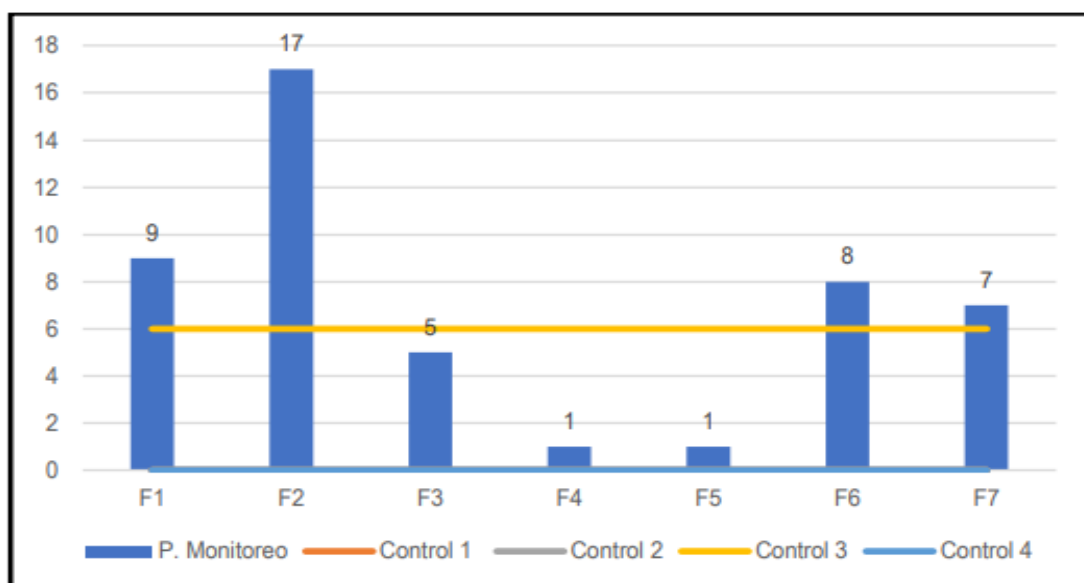


Interpretación: A nivel de riqueza los registros más bajos se presentaron en

los puntos de monitoreo F4 y F5, mientras que los puntos más importantes fueron F1 y F7.

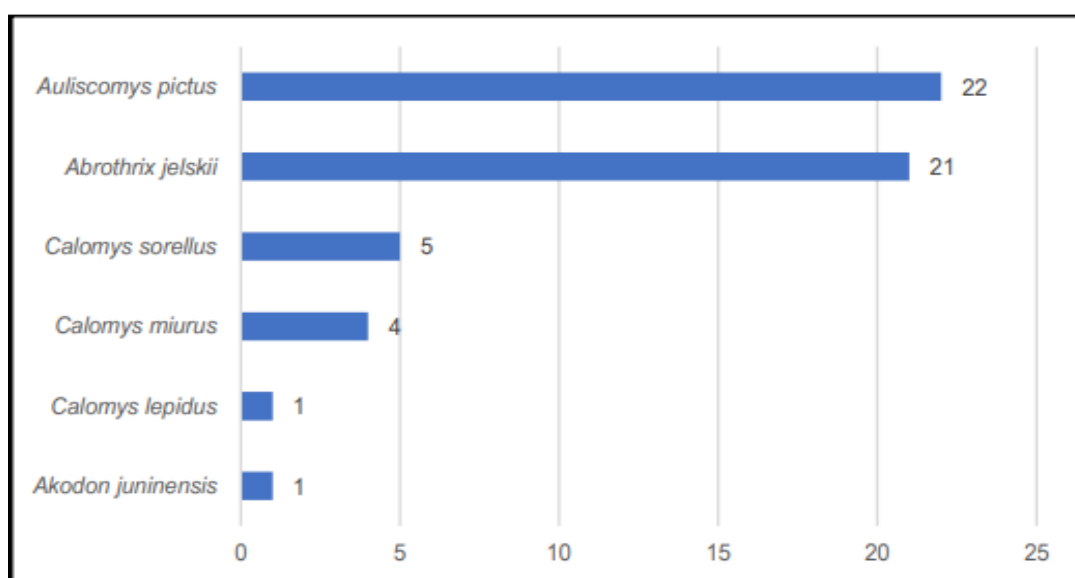
Figura 50 Abundancia de mamíferos menores en comparación de puntos de control –

TS



Interpretación: A nivel de Abundancia los puntos más importantes fueron F1, F2, F6 y F7, mientras que los puntos con abundancia más baja (respecto a los puntos de control) fueron F3, F4 y F5.

Figura 51 Abundancia específica más importantes de mamíferos menores – TS



Interpretación: Respecto a la abundancia específica, la especie más importante fue *Auliscomys pictus* con 22 individuos, seguido de *Abrothrix jelskii* con 21 individuos, las demás especies presentaron menos de 6 individuos.

Figura 52 *Auliscomys Pictus*, especie más abundante en el área de estudio

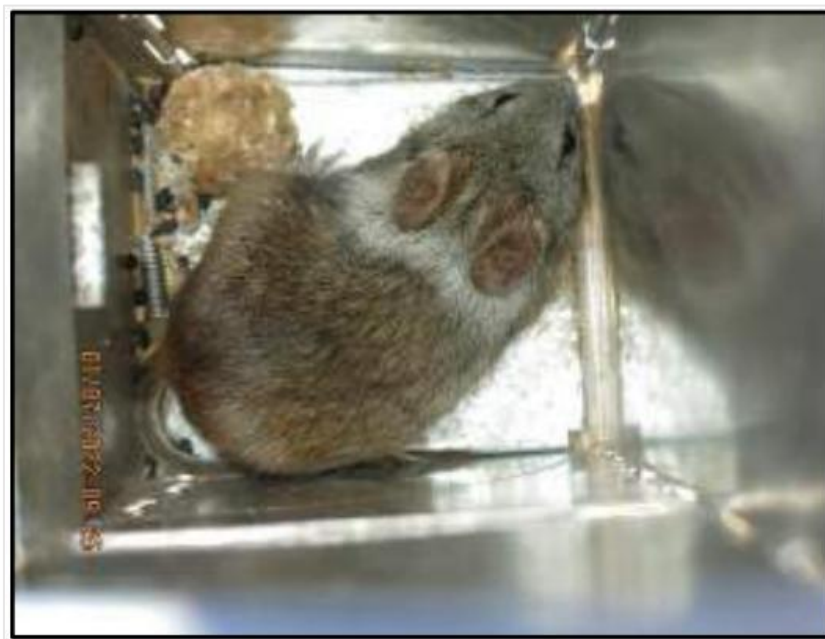


Figura 53 *Abrothrix jelskii*, segunda especie más abundante en el área de estudio



b. Mamíferos Mayores

- **Riqueza y abundancia:** Durante la evaluación biológica se identificaron

un total de 3 especies distribuidas en 3 familias y 2 órdenes.

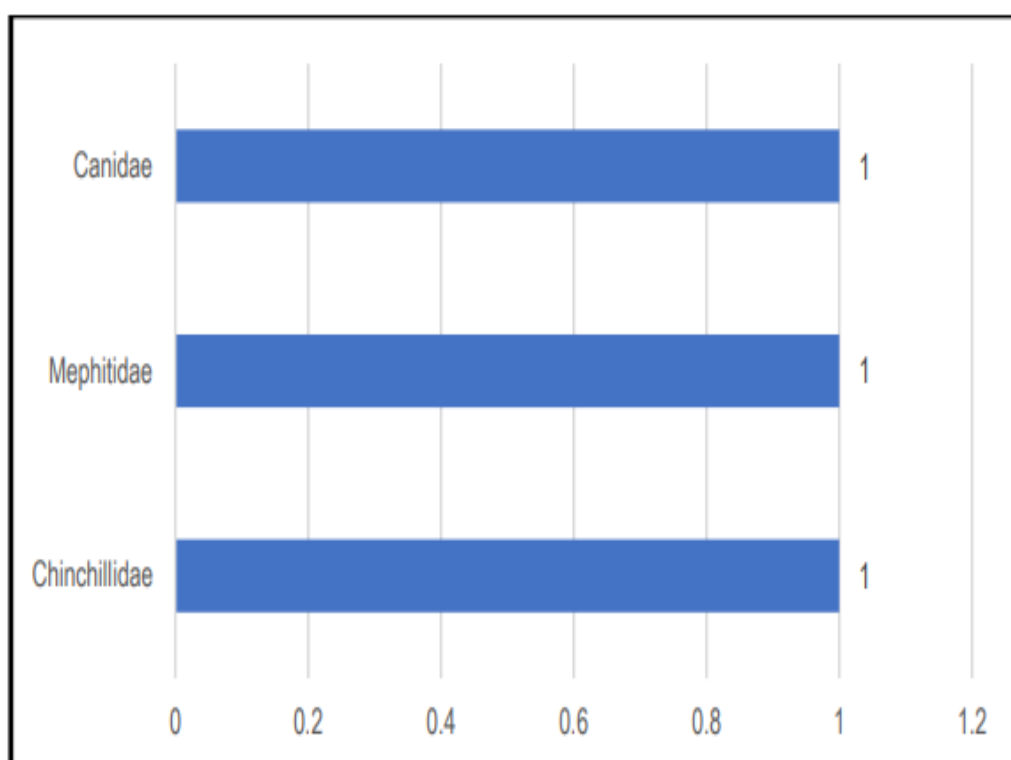
Tabla 21 Riqueza total de especies de mamíferos mayores registrada en el área de estudio

N°	Orden	Familia	Especie	Nombre común	P.M.	P. C.	Tipo de registro
1	Rodentia	Chinchillidae	<i>Lagidium viscacia</i>	Vizcacha	x		Directo
2	Carnívora	Mephitidae	<i>Conepatus</i> sp.	Zorrillo	x		Indirecto
3	Carnívora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro		x	Indirecto

Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., Monitoreo Biológico del Depósito Excelsior.

Figura 54 Riqueza de las familias mayores registrados en los puntos de monitoreo –

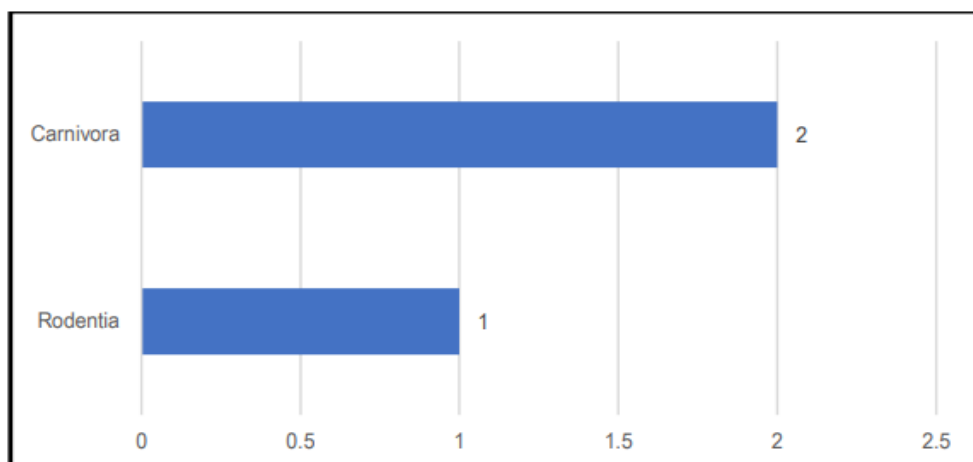
TS



Interpretación: Respecto a la riqueza, todas las familias registraron una (01) especie.

Figura 55 *Riqueza de los órdenes mayores registrados en los puntos de monitoreo -*

TS



Interpretación: Se registraron a los órdenes, Carnivora con dos (02) especies y Rodentia con una (01) especie.

Especies protegidas

Carácter nacional

- DS-004-2014-MINAGRI: No se registraron especies.
- Endemismo: Se registra a Akodon juninensis Calomys miurus y Calomys sorellus como especies endémicas para el Perú.

Carácter internacional

- IUCN: Se registraron 09 especies que se encuentran en la categoría de Preocupación menor (LC).
- CITES: Se registró a la especie Lycalopex culpaeus.

Tabla 22 *Especies amenazadas de mamíferos registrados en el área de estudio*

N°	Orden	Familia	Especie	Nombre común	D.S. 004-2014-MINAGRI	IUCN	CITES	ENDEMICA	Registrado
1	Rodentia	Cricetidae	<i>Abrothrix jelskii</i>	Ratón campestre de jelski	----	LC	----	----	F1, F2, F6, F7 y Control 3
2	Rodentia	Cricetidae	<i>Akodon juninensis</i>	Ratón campestre de Junín	----	LC	----	x	F1
3	Rodentia	Cricetidae	<i>Auliscomys pictus</i>	Ratón orejón pintado	----	LC	----	----	F1, F2, F3, F5, F6, F7, Control 3
4	Rodentia	Cricetidae	<i>Calomys miurus</i>	Ratón vespertino	----	LC	----	x	F3, F4
5	Rodentia	Cricetidae	<i>Calomys lepidus</i>	Ratón vespertino precioso	----	LC	----	----	F7
6	Rodentia	Cricetidae	<i>Calomys sorellus</i>	Ratón vespertino rojizo	----	LC	----	x	F7, Control 3
7	Rodentia	Chinchillidae	<i>Lagidium viscacia</i>	Vizcacha	----	LC	----	----	F7
8	Carnivora	Mephitidae	<i>Conepatus sp.</i>	Zorrillo	----	LC	----	----	F7
9	Carnivora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro	----	LC	II	----	Control 3

Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., Monitoreo Biológico del Depósito Excelsior.

Figura 56 *Akodon junisensis*, especie endémica del área de estudio



Figura 57 *Calomys miurus*, especie endémica del área de estudio



Figura 58 *Calomys sorellus*, especie endémica del área de estudio



Temporada húmeda

a. Mamíferos menores terrestres

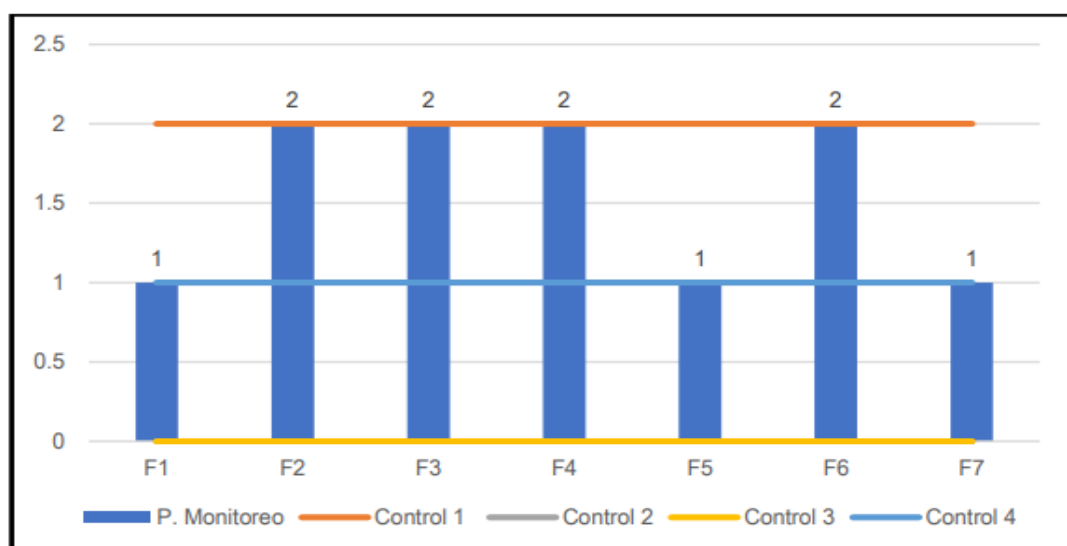
- **Riqueza y abundancia:** En la evaluación biológica se identificaron un total de 23 individuos pertenecientes a cinco (05) especies de la familia Cricetidae y orden Rodentia, siendo los registros mayores en los puntos de monitoreo con 03 especies y 18 individuos, mientras que el registro en los puntos de control fue de 03 especies con 05 individuos.

Tabla 23 Riqueza total de especies de mamíferos menores registrada en el área de estudio

N°	Orden	Familia	Especie	Nombre común	P.M.	P.C.
1	Rodentia	Cricetidae	<i>Abrothrix jelskii</i>	Ratón campestre de jelski		X
2	Rodentia	Cricetidae	<i>Auliscomys pictus</i>	Ratón orejón pintado	X	X
3	Rodentia	Cricetidae	<i>Calomys lepidus</i>	Ratón vespertino precioso	X	
4	Rodentia	Cricetidae	<i>Neotomys ebriosus</i>	Ratón de humedales andino	X	
5	Rodentia	Muridae	<i>Mus musculus</i>	Pericote de casa		X

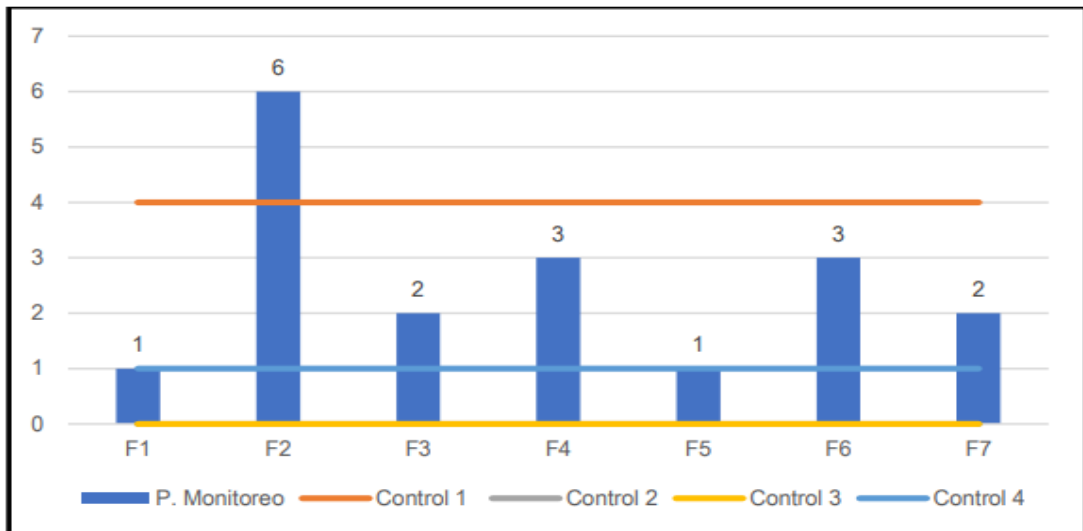
Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., Monitoreo Biológico del Depósito Excelsior.

Figura 59 Riqueza de mamíferos menores por puntos de monitoreo - TH



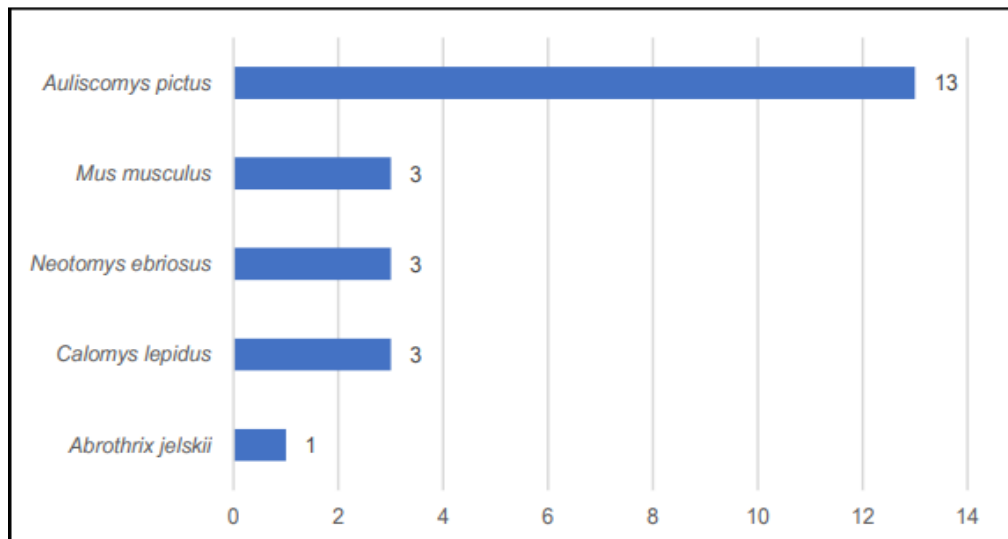
Interpretación: A nivel de riqueza los registros más bajos se presentaron en los puntos de monitoreo F1, F5 y F7, mientras que los puntos más importantes fueron F2, F3, F4 y F6.

Figura 60 Abundancia de mamíferos menores por puntos de monitoreo - TH



Interpretación: A nivel de Abundancia los puntos más importantes fueron F1, F2, F3, F6 y F7, mientras que los puntos con abundancia más baja (respecto a los puntos de control) fueron F4 y F5.

Figura 61 Abundancia específica de mamíferos menores en el área de estudio- TH



Interpretación: Respecto a la abundancia específica, la especie más importante fue *Auliscomys pictus* con 13 individuos, las demás especies presentaron menos de 4 individuos.

Figura 62 *Auliscomys pictus*, especie más abundante en el área de estudio



b. Mamíferos mayores

Durante la evaluación biológica correspondiente a la temporada húmeda, no se registraron indicios (huellas, excretas, rastros indirectos) ni avistamientos directos de mamíferos de gran tamaño en el área de estudio del pasivo Excelsior. La ausencia de registros sugiere una baja o nula presencia de este grupo faunístico durante el período de monitoreo, posiblemente asociada a las características del hábitat, el grado de perturbación del área y/o la estacionalidad evaluada.

Análisis comparativo de los resultados de la temporada seca y húmeda

Mamíferos menores

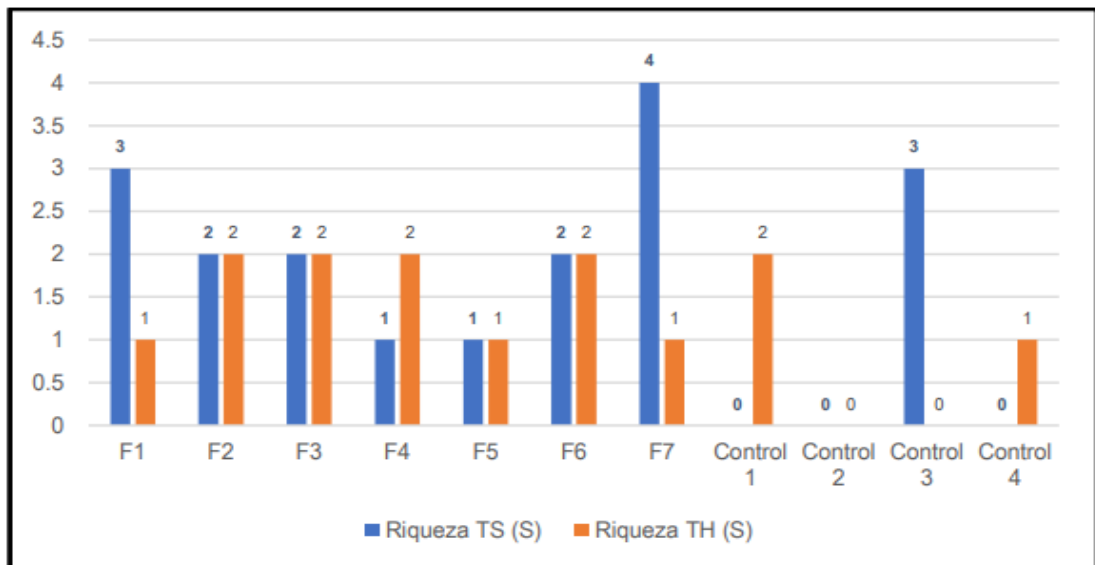
Durante la Temporada húmeda se registraron un total de 05 especies distribuido en 23 individuos, mientras que durante la Temporada seca se registraron un total de 06 especies, distribuidos en 54 individuos

Tabla 24 *Riqueza total de Mamíferos menores en las Temporadas seca y húmeda*

N°	Orden	Familia	Especie	Nombre común	TS	TH
1	Rodentia	Cricetidae	<i>Abrothrix jelskii</i>	Ratón campestre de jelski	X	X
2	Rodentia	Cricetidae	<i>Auliscomys pictus</i>	Ratón orejón pintado	X	X
3	Rodentia	Cricetidae	<i>Calomys lepidus</i>	Ratón vespertino precioso	X	X
4	Rodentia	Cricetidae	<i>Neotomys ebriosus</i>	Ratón de humedales andino		X
5	Rodentia	Muridae	<i>Mus musculus</i>	Pericote de casa		X
6	Rodentia	Cricetidae	<i>Akodon juninensis</i>	Ratón campestre de Junín	X	
7	Rodentia	Cricetidae	<i>Calomys miurus</i>	Ratón vespertino	X	
8	Rodentia	Cricetidae	<i>Calomys sorellus</i>	Ratón vespertino rojizo	X	

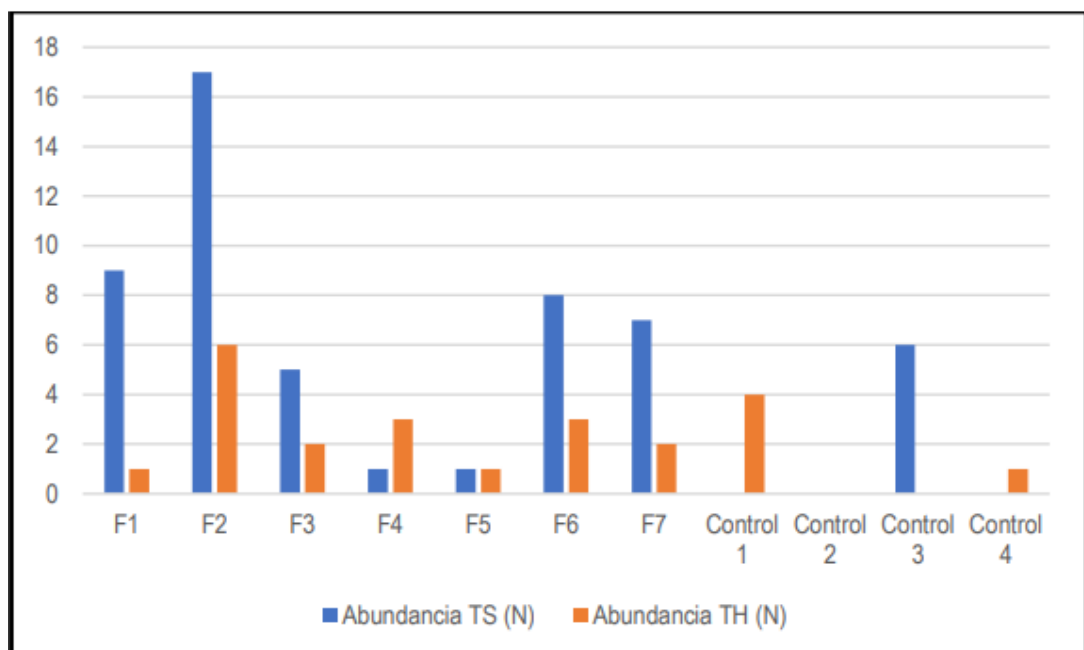
Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., Monitoreo Biológico del Depósito Excelsior.

Figura 63 *Análisis comparativo de Riqueza por temporada seca y húmeda*



Interpretación: El análisis de riqueza no muestra diferencias importantes en los resultados obtenidos, el registro de fue de entre 01 y 03 especies por punto, durante la temporada seca los mejores resultados se presentaron en el punto F1 y F7, mientras que en los demás puntos de monitoreo la riqueza se mantuvo constante entre las temporadas.

Figura 64 *Análisis comparativo de Abundancia por temporada seca y húmeda*



Interpretación: El análisis de abundancia muestra un patrón similar al de la riqueza, con los valores más importantes en la temporada seca en la mayoría de los puntos de monitoreo.

Mamíferos mayores

Debido a que el registro de mamíferos mayores se enfoca principalmente en rastros e indicios, resulta difícil realizar un análisis comparativo de las variables de diversidad, debido a que estas se miden con datos cuantitativos, por lo cual los análisis de comparación corresponden con un registro de especies o análisis cualitativo, de esta forma durante la Temporada seca se registraron un total de 03 especies, mientras que durante la Temporada húmeda no se registraron especies de mamíferos mayores.

Tabla 25 Riqueza total de Mamíferos mayores en las temporadas seca y húmeda

Nº	Orden	Familia	Especie	Nombre común	TS	TH
1	Carnivora	Canidae	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Zorro andino	X	
2	Carnivora	Mephitidae	<i>Conepatus sp</i>	Zorrino	X	
3	Rodentia	Chinchillidae	<i>Lagidium viscacia</i>	Vizcacha	X	

Nota. Adaptado de E&E Perú S.A., Monitoreo Biológico del Depósito Excelsior.

C. Herpetología

No se registró la presencia de especies de reptiles ni de anfibios en ambas temporadas. La ausencia de reptiles podría estar asociada a las condiciones climáticas observadas durante las jornadas de evaluación, ya que las temperaturas descendieron hasta aproximadamente -5°C en los horarios en los que usualmente se reporta mayor actividad de este grupo. En cuanto a los anfibios, se relaciona principalmente con la ausencia de áreas hidromórficas en las zonas de revegetación, así como con las bajas temperaturas registradas. Para los puntos de

control, se presume que la ausencia de anfibios se debe fundamentalmente a las condiciones térmicas adversas, dado que bajo estos escenarios las especies tienden a permanecer ocultas en refugios subterráneos o entre rocas sumergidas en cuerpos de agua, lo que limita considerablemente su detección durante los muestreos.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Hipótesis general

La aplicación de técnicas de estabilización química y biológica en el cierre del depósito de la Desmontera Excélsior ha permitido mitigar significativamente los impactos ambientales negativos, como la generación de drenaje ácido, la dispersión de metales pesados y la erosión del suelo. Estas acciones han contribuido a mejorar la calidad ambiental y el bienestar de las comunidades aledañas, contribuyendo a una mejora en las condiciones socioambientales del entorno. La estabilidad química y biológica cumple con los estándares técnicos y ambientales establecidos por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM).

4.3.2. Hipótesis específicas

- a. Los materiales empleados en la cobertura del depósito de la Desmontera Excélsior evidencian un desempeño funcional del sistema multicapa compuesto por geomembrana de HDPE, geotextil de protección y material de cobertura vegetal. La implementación de este sistema ha permitido mantener niveles reducidos de infiltración hídrica, limitar la difusión de oxígeno hacia los materiales potencialmente reactivos y contribuir al control del potencial de generación de drenaje ácido de roca (DAR). Se evidencia una relación directa entre la estabilidad física del sistema de cobertura y la estabilidad geoquímica y biológica del área remediada, destacando la importancia de la adecuada selección y mantenimiento de los

materiales empleados en estrategias de cierre y remediación del depósito de desmonte minero.

b. El cierre del Depósito de Desmontes Excelsior se realizó mediante un enfoque integral de remediación ambiental, orientado a garantizar la estabilidad, seguridad y sostenibilidad del sitio a largo plazo. Este enfoque combinó diversas disciplinas y acciones estratégicas, incluyendo:

- **Geotecnia:** Enfocada en la estabilización de taludes y la prevención de riesgos de erosión o deslizamientos.
- **Hidrología:** Manejo eficiente de aguas pluviales y lixiviados, minimizando impactos sobre el entorno circundante.
- **Barreras geosintéticas:** Aplicadas como sistemas de impermeabilización para controlar la infiltración y proteger la calidad del suelo y agua.
- **Restauración ecológica:** Revegetación con especies nativas que favorecen la recuperación del ecosistema y la biodiversidad local.

Este enfoque multidisciplinario no solo asegura la contención y control de riesgos, sino que también promueve la integración del sitio con el entorno natural, cumpliendo con estándares ambientales y criterios de sostenibilidad.

c. Las especies biológicas que presentan mayor capacidad de adaptación a las condiciones ambientales del área remediada en el cierre del depósito de la Desmontera Excelsior son:

Flora

- Temporada seca: *Eleocharis albibracteata* , *Plantago tubulosa*.
- Temporada húmeda: *Eleocharis albibracteata* , *Poa cf pratense*.

Fauna

- Ornitofauna
 - Temporada seca: *Cinclodes albiventris*, *Chroicocephalus serranus*, *Sicalis uropygialis*.
 - Temporada húmeda: *Chroicocephalus serranus*, *Zonotrichia capensis*.
- Mastofauna
 - Temporada seca: *Auliscomys pictus*, *Abrothrix jelskii*
 - Temporada húmeda: *Auliscomys pictus*

La estabilidad biológica garantiza la continuidad y el mantenimiento de los procesos ecológicos, mientras que la adaptabilidad permite a las especies responder eficazmente a perturbaciones ambientales y cambios en su hábitat. En este sentido la interacción dinámica entre la flora y fauna contribuye a sostener la biodiversidad local y fortalece la resiliencia del ecosistema, evidenciando la importancia de estrategias de manejo que consideren tanto la preservación de estructuras ecológicas como la capacidad de adaptación frente a alteraciones.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Potencial Neto de Neutralización

En el marco de la presente investigación, la determinación del Potencial Neto de Neutralización (PNN) se emplea como un parámetro clave para establecer el balance entre los minerales generadores de acidez y aquellos con capacidad de neutralización. Los resultados obtenidos del análisis del Potencial Neto de Neutralización (PNN) indican que el depósito de desmonte Excélsior presenta tendencia a la generación de

drenaje ácido. Este comportamiento se debe principalmente por la elevada presencia de material piritoso en las muestras analizadas, lo cual favorece procesos de oxidación de sulfuros y la formación de ácido sulfúrico. Resulta fundamental la implementación de medidas de control y mitigación, para asegurar la estabilidad química del depósito a largo plazo.

4.4.2. Métodos y Procesos de Remediación

Los métodos y procesos de remediación aplicados durante el cierre se desarrollaron siguiendo criterios de planificación técnica y ambiental. La nivelación y compactación del terreno contribuyeron significativamente a mejorar la estabilidad física del depósito, la instalación de sistemas de cobertura permitió aislar de manera efectiva los materiales potencialmente contaminantes. Asimismo, la implementación de programas de revegetación tuvo un impacto positivo en la estabilización del suelo y en la reducción de procesos erosivos, favoreciendo la recuperación progresiva de las condiciones naturales del área.

4.4.3. Estabilidad Química y Biológica

La estabilidad química y biológica de los depósitos se evaluó mediante la aplicación de distintos tipos de coberturas, de los cuales se implementaron principalmente la Cobertura Tipo I y la Cobertura Tipo IV. La Cobertura Tipo I, utilizada en plataformas y taludes del Depósito Excelsior y la Cobertura Tipo IV, ubicada a pie de talud en contacto con el depósito de relaves de Quiulacocha.

Cobertura de Tipo I, se emplea una geomembrana con el objetivo de asegurar la impermeabilización del depósito de desmonte, evitando la infiltración de agua hacia el interior del material encapsulado. Sobre esta capa se dispone material granular, cuya función principal es actuar como medio filtrante y drenante, permitiendo la conducción controlada de las aguas. A través de un sistema de captación y drenaje, estas aguas son

derivadas hacia el exterior del depósito de desmonte encapsulado, previniendo la acumulación de humedad y contribuyendo a la estabilidad del sistema de cobertura. Finalmente, se coloca una capa de tierra de cultivo, la cual proporciona el sustrato necesario para el establecimiento y desarrollo de las especies vegetales sembradas, favoreciendo así la recuperación del área intervenida.

Cobertura de Tipo IV, se emplea una geomembrana como elemento principal de impermeabilización, cuya función es evitar la infiltración de agua hacia el interior del depósito de desmonte, contribuyendo al control de la generación de drenajes y a la estabilidad del material encapsulado. Sobre esta capa se dispone un geotextil de protección, cuya finalidad es evitar el contacto directo entre la geomembrana y el sustrato granular, reduciendo el riesgo de daños mecánicos o perforaciones que puedan comprometer la integridad del sistema de impermeabilización. Posteriormente, se coloca una capa de material granular, la cual cumple la función de filtro y drenaje, permitiendo la conducción adecuada de las aguas y evitando la acumulación de humedad dentro del sistema de cobertura. Finalmente, se incorpora una capa de tierra de cultivo, que actúa como sustrato para el establecimiento y desarrollo de las especies vegetales sembradas, favoreciendo la revegetación y la integración del área intervenida con el entorno natural.

El sistema de cunetas, compuesto por cunetas de coronación, cunetas de captación, cajas de captación y pozas de almacenamiento de agua, se gestiona adecuadamente para controlar la infiltración y prevenir el drenaje ácido de roca. Este conjunto de estructuras hidráulicas permite la conducción, recolección y almacenamiento controlado de los escurrimientos superficiales, reduciendo la infiltración de agua hacia los materiales expuestos y, por ende, disminuyendo el riesgo de generación de drenaje ácido de roca (DAR). Dicho sistema favorece el control y la

gestión eficiente de las aguas pluviales al evitar su contacto prolongado con materiales potencialmente generadores de acidez, contribuyendo así a la prevención de impactos ambientales negativos y al fortalecimiento de las medidas de manejo ambiental en la zona intervenida.

La evaluación de las técnicas de estabilización química y biológica aplicadas durante el cierre del depósito de la Desmontera Excélsior evidencia avances importantes en la mitigación de los impactos ambientales y sociales previamente generados por la acumulación de residuos mineros. Los resultados obtenidos evidencian que, bajo las condiciones actuales de cierre, el depósito presenta un comportamiento relativamente estable.

Los materiales utilizados en la cobertura del depósito, han permitido generar una barrera física que limita la infiltración de agua y el contacto del oxígeno con los sulfuros presentes en la desmontera, esto favorece la estabilidad química del sistema, ya que disminuye la probabilidad de generación de drenaje ácido. Sin embargo, posibles alteraciones en estas capas, como procesos de erosión, compactación diferencial o pérdida de cobertura vegetal, podrían comprometer la eficacia de la barrera y facilitar procesos de oxidación o lixiviación. Por ello, el mantenimiento y monitoreo continuo de la cobertura resultan fundamentales para garantizar la estabilidad a largo plazo del área remediada.

La evaluación biológica del área remediada en el cierre del depósito de la Desmontera Excélsior evidencia que ciertas especies presentan una alta capacidad de adaptación a las condiciones ambientales del área remediada. Estas especies evidencian procesos de adaptación y resiliencia ambiental, constituyéndose como indicadores de la recuperación progresiva del ecosistema y de la efectividad de las medidas de cierre y remediación implementadas.

4.4.4. Flora

Durante la temporada seca se registraron un total de 83 especies, distribuidas en 22 familias y 16 órdenes, mientras que durante la temporada húmeda se registraron 97 especies distribuidas en 24 familias y 17 órdenes.

Riqueza: A nivel de los puntos de monitoreo, el mejor registro de especies se realizó durante la temporada húmeda, respecto a la temporada seca. A nivel de puntos de control se observa un aumento de especies para la temporada húmeda.

Abundancia: En la mayoría de los casos los resultados fueron más importantes durante la temporada seca, sin embargo, los valores de la abundancia fueron menores de 200 individuos en todos los puntos de monitoreo para ambas temporadas, que, comparando estos resultados con los puntos de control, se traduce como bajos resultados tanto para temporada seca y húmeda.

Especies protegidas: En la temporada seca se registró la especie *Myrosmodes* sp y para la temporada húmeda se registró la especie *Myrosmodes gymnandra*, perteneciente a la familia Orchidaceae citada en el Apéndice II del CITES.

4.4.5. Fauna

a. Ornitofauna

Riqueza total: En la evaluación de la temporada seca se registraron un total de 25 especies, pertenecientes a 14 familias y 9 órdenes, mientras que la Temporada húmeda se registraron un total de 39 especies, distribuidos en 20 familias y 10 órdenes taxonómicos.

Riqueza y abundancia por puntos de monitoreo: El análisis de la riqueza mostró que los mejores resultados se registraron durante la temporada húmeda en todos los puntos de monitoreo, mientras que el análisis de abundancia indicó que la mayor cantidad de individuos se

observó durante la temporada seca.

Especies protegidas: En la temporada seca se registró 03 especies: *Falco sparverius*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Fulica gigantea* y para la temporada húmeda 05 especies citadas en las categorías de conservación nacional e internacional: *Oreotrochilus melanogaster*, *Falco femoralis*, *Phalcoboenus megalopterus*, *Fulica gigantea*, *Geositta saxicolina*. Del total de especies registradas tanto en la temporada seca como la temporada húmeda, todas se encuentran en la categoría de Menor preocupación (LC) según la IUCN.

b. Mastofauna

Riqueza total: Durante la Temporada húmeda se registraron un total de 05 especies distribuido en 23 individuos, mientras que durante la Temporada seca se registraron un total de 06 especies, distribuidos en 54 individuos.

Riqueza y abundancia por puntos de monitoreo: Los análisis de riqueza y abundancia mostraron un patrón consistente, registrándose los valores más altos durante la temporada seca en la mayoría de los puntos de monitoreo. Estos resultados indican que la temporada seca representa el periodo de mayor diversidad y abundancia de las especies evaluadas.

Especies protegidas: En el ámbito nacional, según el DS-004-2014-MINAGRI no se registraron especies protegidas, aunque se identifican como endémicas para el Perú: *Akodon juninensis*, *Calomys miurus* y *Calomys sorellus*, mientras que, a nivel internacional, nueve especies se clasifican como de Preocupación Menor (LC) según la IUCN y se incluye a *Lycalopex culpaeus* en el apéndice de la CITES.

c. Herpetofauna

No se registró la presencia de especies de reptiles ni de anfibios durante ambas temporadas de estudio. La ausencia de reptiles podría estar vinculada a las condiciones climáticas observadas durante las jornadas de muestreo, dado que las temperaturas descendieron hasta aproximadamente -5°C en los intervalos horarios en los que se reporta generalmente la mayor actividad de este grupo taxonómico. En el caso de los anfibios, su ausencia se relaciona principalmente a la falta de áreas hidromórficas en las zonas de revegetación, así como a las bajas temperaturas registradas, factores que limitan tanto su reproducción como su actividad diaria.

Los resultados obtenidos en el proyecto demuestran la eficacia de implementar estrategias de remediación ambiental fundamentadas en criterios técnicos y sustentadas en evidencia científica. El pasivo ambiental Excelsior constituye un caso de referencia para futuras intervenciones en otros pasivos, evidenciando la necesidad de desarrollar políticas orientadas a la restauración ecológica y al desarrollo sostenible.

CONCLUSIONES

La remediación del pasivo minero Excélsior representa un avance relevante en la gestión ambiental de pasivos mineros en el Perú. El plan implementado permitió recuperar más de 69 hectáreas degradadas, restaurando la estabilidad física, química e hidrológica del terreno. Asimismo, se trataron y eliminaron alrededor de 55 millones de toneladas de desmonte minero, reduciendo los impactos ambientales negativos y contribuyendo a la protección de la salud de la población cercana. La intervención contribuyó a la recuperación de servicios ecosistémicos y mejoró las condiciones de vida de más de 9 000 habitantes de Champamarca y Quiulacocha, reduciendo riesgos sanitarios y promoviendo un entorno seguro y sostenible.

Las técnicas de estabilización química y biológica aplicadas durante el cierre del depósito han mostrado avances significativos. Bajo las condiciones actuales, el sistema presenta un comportamiento relativamente estable, evidenciando que las medidas de mitigación han contribuido a reducir los impactos ambientales y sociales generados por la acumulación de residuos mineros. La combinación de medidas físicas, químicas, biológicas y de revegetación ha permitido avanzar hacia la estabilización integral del depósito de desmonte Excélsior. Estos resultados muestran que la planificación y ejecución de los procesos de cierre fueron efectivas, aunque requieren seguimiento continuo para asegurar la sostenibilidad ambiental a largo plazo.

La implementación de Coberturas Tipo I y Tipo III ha permitido crear barreras físicas efectivas, limitando la infiltración de agua y el contacto del oxígeno con los sulfuros, esto favorece la estabilidad química del depósito. Sin embargo, cualquier alteración en estas capas, como erosión o pérdida de cobertura vegetal, podría comprometer la eficacia de la barrera, por lo que se recomienda un monitoreo y mantenimiento continuo.

El sistema de cunetas, pozas de almacenamiento y cajas de captación ha demostrado ser eficiente para controlar la infiltración de agua y prevenir la generación de drenaje ácido de

roca. Estas estructuras permiten una conducción y recolección controlada de escurrimientos, fortaleciendo las medidas de manejo ambiental en el área intervenida.

La estabilidad biológica del Depósito de la Desmontera Excelsior está determinada por la presencia y establecimiento de especies adaptadas a las condiciones ecológicas del área remediada. Las especies faunísticas se clasificaron en tres grupos: ornitofauna, mastofauna y herpetofauna.

En la ornitofauna se registraron especies representativas como: *Cinclodes albiventris*, *Chroicocephalus serranus*, *Sicalis uropygialis* y *Zonotrichia capensis*, en la mastofauna se identificaron las especies: *Auliscomys pictus* y *Abrothrix jelskii*. En cuanto a la herpetofauna, no se registró la presencia de especies de reptiles ni de anfibios durante ambas temporadas de estudio.

La especie vegetal *Eleocharis albibracteata* presentó la mayor capacidad de adaptación en ambas temporadas evaluadas, mientras que *Plantago tubulosa* mostró una adaptación predominante durante la estación seca y *Poa cf. pratensis* durante la estación húmeda.

Los programas de revegetación implementados han favorecido la estabilización del suelo, la reducción de la erosión y la integración del área intervenida con el entorno natural. La presencia y establecimiento de especies vegetales adaptadas al suelo y clima del área son indicadores positivos del proceso de restauración ambiental.

RECOMENDACIONES

- Realizar inspecciones periódicas de taludes y coberturas del depósito para prevenir deslizamientos y garantizar la estabilidad fisicoquímica a largo plazo.
- Evaluar de manera continua la calidad del agua superficial y subterránea, para controlar la lixiviación de metales pesados y la generación de drenaje ácido de roca (DAR).
- Implementar un monitoreo sistemático de la fauna silvestre para evaluar los cambios en la riqueza y abundancia de especies y medir la efectividad de las estrategias de conservación.
- Desarrollar programas de vigilancia ciudadana y monitoreo participativo para fomentar la seguridad de las comunidades aledañas.
- Optimizar el acceso a registros y documentos relacionados con el cierre del pasivo ambiental, permitiendo a los interesados obtener información y realizar trámites de manera eficiente y transparente.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Buenaventura. (20 de Abril de 2018). *Gestión de trabajos de cierre de minas*. Obtenido de https://buenaventura.com/wp-content/uploads/2024/10/P-COR-SIB-04.17-Gestion-de-los-trabajos-de-cierre-de-mina_V01.pdf
- Carrillo, C. D. (2023). *Diseño de cobertura de cierre para el control de la generación de drenaje ácido de mina en un depósito de desmonte*. Obtenido de <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/27825>
- CEPAL. (09 de Enero de 2020). *Remediación y activación de pasivos ambientales mineros (PAM) en el Perú*. Obtenido de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45068-remediacion-activacion-pasivos-ambientales-mineros-pam-peru>
- CESEL. (2012). *Plan de Cierre del Pasivo Depósito de Desmonte Excelsior*. Perú: Activos Mineros SAC.
- Condori , V. R. (2013). *Evaluación de alternativas para la remediación del depósito de desmonte excelsior cerro de pasco*. Obtenido de <https://biblioteca.unfv.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=66860>
- INGEMMET. (Mayo de 2020). *Manual para el inventario de minas abandonadas*. Obtenido de <https://asgmi.org/wp-content/uploads/2020/06/Manual-Inventario-PAM-y-Anexos.pdf>
- Jara, J. Y. (08 de Agosto de 2024). *Identificación de Especies de Flora y Fauna en la Remediación del Pasivo Ambiental Minero Excelsior*. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4588>
- Miranda, M. A. (2014). *Remediación de pasivos ambientales mineros de la ex unidad minera Los Negros-La Tahona-Hualgayoc-Cajamarca*. Obtenido de <https://repositorio.unfv.edu.pe/items/91a3f4ee-2d1d-41bd-87e0-588323e348c6>
- Murillo. (2008). *Metodología de la investigación*. Obtenido de

https://tallerdeinvestigacionunidad1.blogspot.com/2017/09/11-investigacion-pura-y-aplicada.html?utm_source

OEFA. (20 de Marzo de 2025). *Supervisión ambiental enfocada en la estabilidad química en el cierre de minas*. Obtenido de https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/archivos/public/docs/2025_OEFA_supervision_cierre_minas.pdf

Paucar, G. M. (2015). *Diseño y estabilidad de botaderos de desmonte para la remediación de pasivos ambientales - Huancavelica*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNCP_483179cc336d61b15bb80614231777b9

Radu, M., Vijdea, A., Alexandru, A., Alexe, V., Dinca, G., Valentina, C., & Elena, A. (Octubre de 2023). Research on the Closure and Remediation Processes of Mining Areas in Romania and Approaches to the Strategy for Heavy Metal Pollution Remediation. *ResearchGate*, 20.

Robles, A. E. (04 de Enero de 2019). *Evaluación de la estabilidad geoquímica de relaves sulfurados de Quiulacocha mediante el uso de cobertura biológica en medios no saturados con riego de efluentes domésticos a escala piloto - AMSAC-2018*. Obtenido de Repositorio Institucional UNDAC: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1430>

Rodriguez, C., & Julca, D. (05 de Octubre de 2020). *Gestión del cierre de minas*. Obtenido de <https://minsus.net/mineria-sustentable/wp-content/uploads/2021/01/PDF-Gestion-de-cierre-de-minas-en-el-Peru.pdf#page17>

SINIA. (19 de Octubre de 2015). *Los pasivos ambientales mineros: diagnóstico y propuestas*. Obtenido de https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-ancash/archivos/public/docs/pasivosambientales2015.pdf?utm_source

SINIA. (2025). *Supervisión ambiental enfocada en la estabilidad química en el Cierre de Minas*. Obtenido de https://sinia.minam.gob.pe/documentos/supervision-ambiental-enfocada-estabilidad-quimica-cierre-minas?utm_source

Tobar, P., & Venegas, T. (Agosto de 2014). *Fitoestabilización de depositos de relaves*. Obtenido de Universidad de Chile: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/117542>

Tyagi, A., & Haritash, A. K. (2025). Environmental impacts of mine tailings and phytoremediation as a sustainable management strategy. 24.

ANEXOS

Instrumentos de recolección de datos

Ficha de Muestras Evaluadas

Muestra	Coordenadas UTM WGS84		Ubicación
	Este	Norte	
M-1			Desmontera Excelsior Zona Sur
M-2			Desmontera Excelsior Zona Centro
M-3			Desmontera Excelsior Zona Norte

Hoja de Composición y abundancia mineralógica de la M-1

Minerales / Muestra M-1	Fórmula	% en peso
Cuarzo		
Calcita		
Ortoclasa		
Albita		
Anortita		
Pirita		
Calcopirita		
Esfalerita		
Galena		
Hematita		
Caolinita		
Montmorillonita		
Pirolusita		
Goetita		

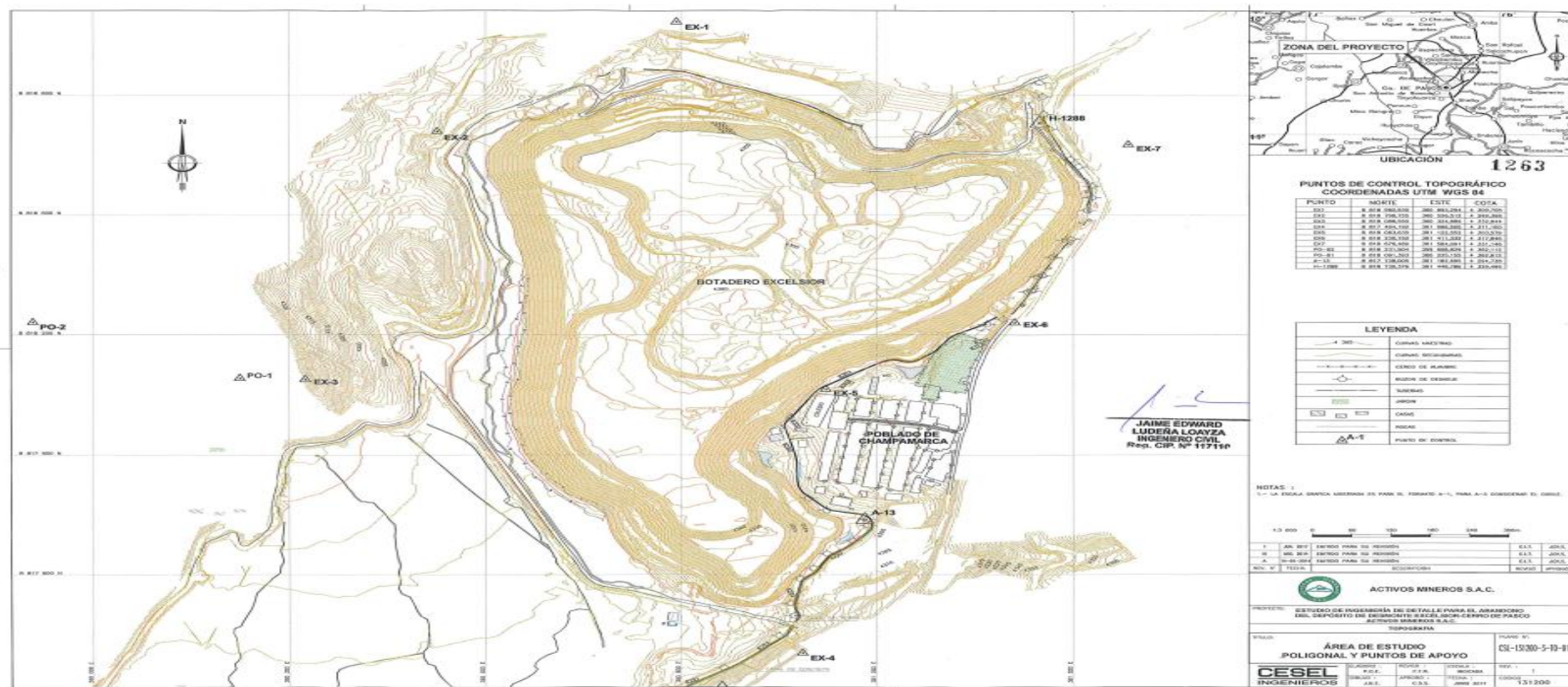
Tabla de la Riqueza total de especies de ornitofauna registrada en el área de estudio

[illegible]

Planos de Estudio

Figura A1

Area de estudio Poligonal



Nota. Recopilado del EIA de CESEL ingenieros.

Ubicación de las secciones de análisis de estabilidad



FECHA:		PÁGINA 10:	
UBICACIÓN DE LAS SECCIONES DE ANÁLISIS DE ESTABILIDAD			
	ELABORÓ:	REVISÓ:	ESCALA:
	R.B.A.	V.S.E.	1:5000
	DISEÑO:	PROYECTO:	FECHA:
	V.S.O.	V.S.E.	junio 2011
		SEL:	8
		TRIMARIO:	131200

Figura A3

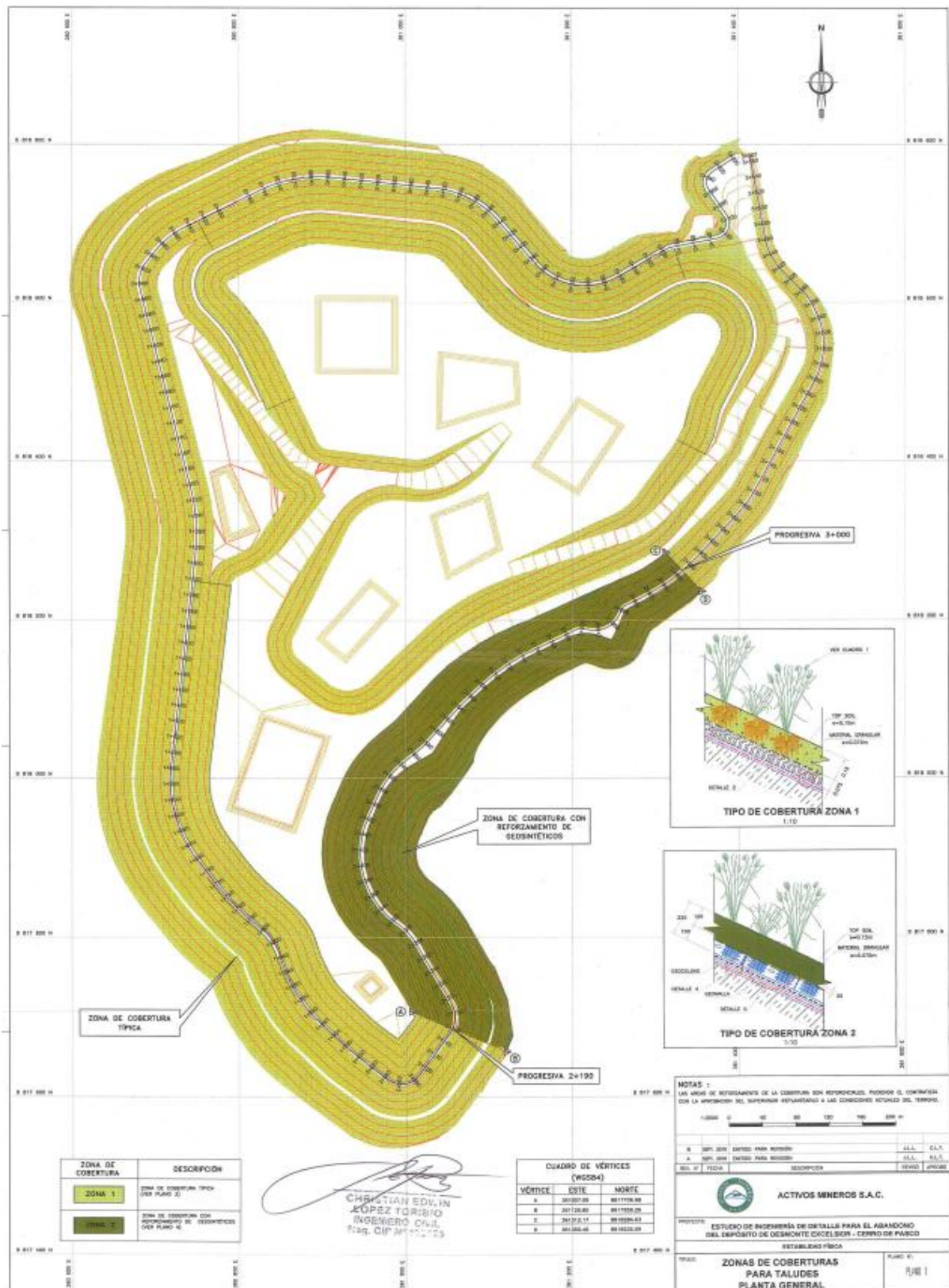
Cobertura- Planta General



Nota. Recopilado del EIA de CESEL ingenieros.

Figura A4

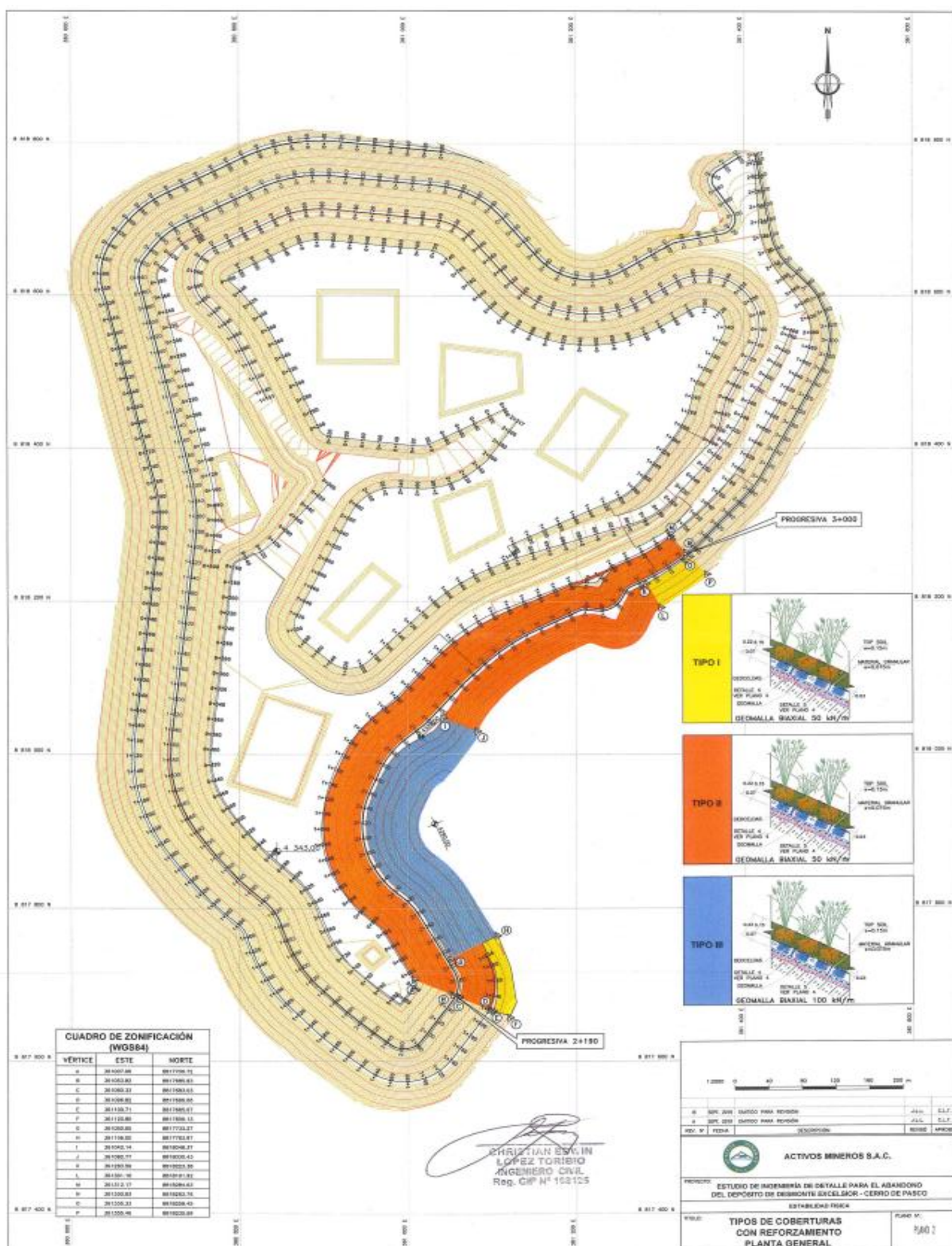
Zonas de coberturas para taludes



Nota. Recopilado de Activos Mineros S.A.C.

Figura A5

Coberturas con reforzamiento



Nota. Recopilado de Activos Mineros S.A.C.

Anexo B

Mineralogía de las Muestras del Deposito Excelsior

Figura B1

Muestra 1



Figura B2

Muestra 2

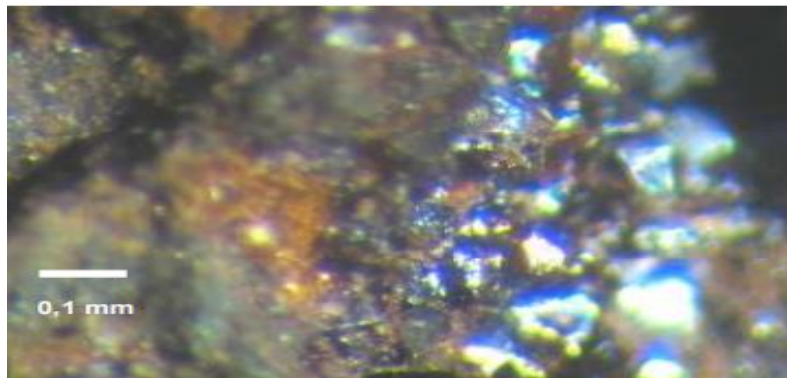
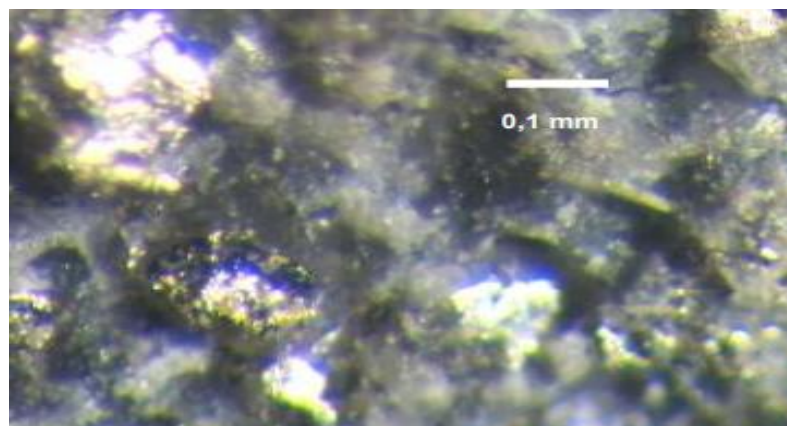


Figura B3

Muestra 3



Nota. Laboratorio de espectrofotometría de la UNI.

Anexo C

Registro fotográfico de la estabilidad física de la Desmontera Excelsior

Figura C1

Corte y relleno de la superficie del terreno



Figura C2

Perfilado de taludes



Figura C3

Compactación de la superficie del terreno



Figura C4

Vista panorámica de la estabilidad física del depósito de Desmontes Excelsior



Anexo D

Registro fotográfico de la estabilidad química de la Desmontera Excélsior

Figura D1

Colocación de geotextil (capa de protección)



Figura D2

Colocación de geomembrana (barrera impermeable)



Figura D3

Colocación de material de cobertura sobre la barrera impermeable



Figura D4

Vista panorámica de la estabilidad química del depósito de Desmontes Excelsior



Anexo E

Registro fotográfico de la estabilidad hidrológica

Figura E1

Construcción de pozas de almacenamiento de agua



Figura E2

Recubrimiento de pozas con geosintéticos



Figura E3

Poza de almacenamiento de agua operativa



Figura E4

Verificación de poza de almacenamiento de agua



Anexo F

Registro fotográfico de la estabilidad biológica

Figura F1

Fase de establecimiento de la cobertura vegetal



Figura F2

Inspección in-situ de la estabilidad biológica de la Desmontera Excelsior



Figura F3

Evaluación de la cobertura vegetal del depósito de Desmontes Excélsior



Figura F4

Identificación de especies de flora en temporada seca

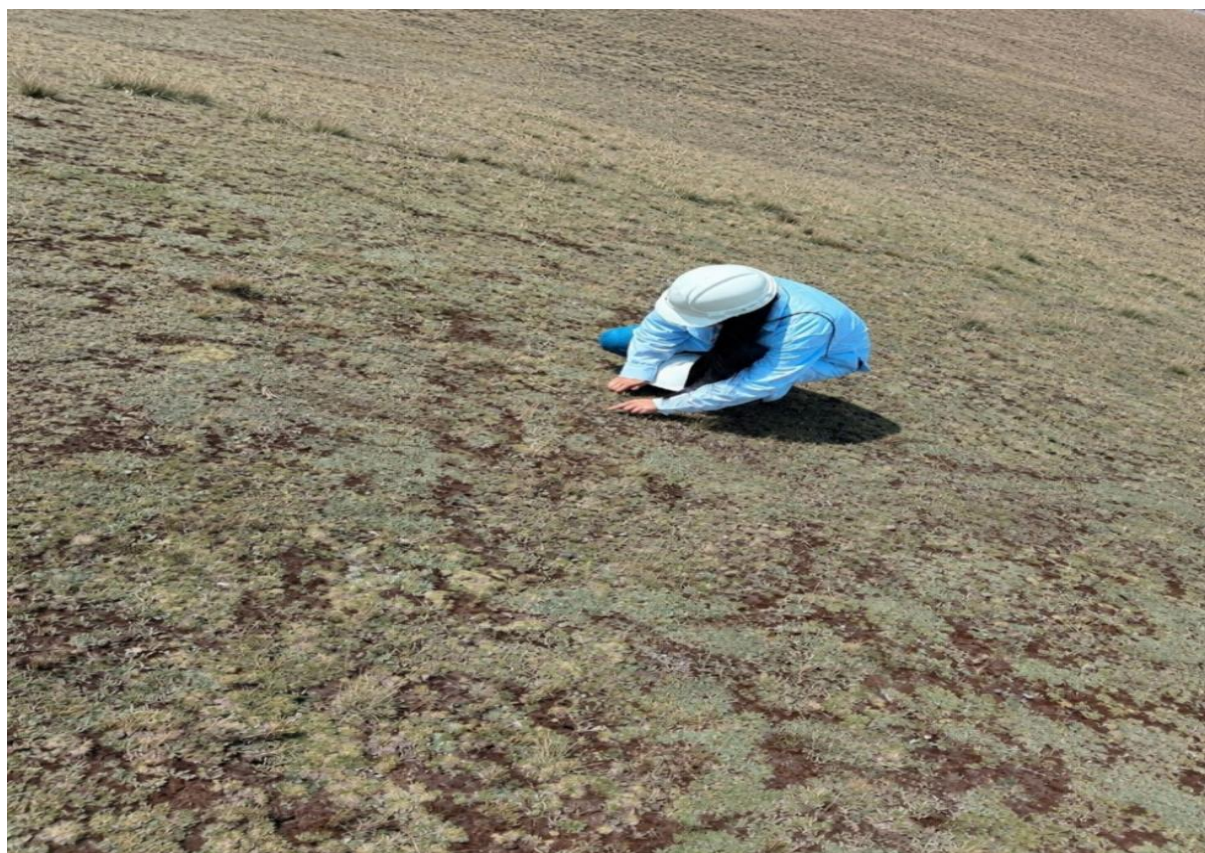


Figura F5

Vista general de las especies con mayor adaptabilidad en el área de estudio



Figura F6

Vista panorámica del proceso de cierre de la Desmontera Excélsior



Figura F7

Vista panorámica de la remediación ambiental de la Desmontera Excelsior



Anexo G

Registro fotográfico de adaptabilidad de especies de flora y fauna

Figura G1

Especies de Flora registrada en Temporada Seca y Temporada Húmeda

TEMPORADA SECA		
PASTO AZUL DE KENTUCKY (<i>Poa pratense</i>) 	PASTO ANDINO (<i>Poa cf dentigluma</i>) 	JUNCO (<i>Eleocharis albibrateata</i>) 
TEMPORADA HUMEDA		
CEBADILLA ANDINA (<i>Hordeum muticum</i>) 	TRÉBOL ANDINO (<i>Trifolium amabile</i>) 	SHOCLLA (<i>Poa gymnantha</i>) 

Figura G2

Puntos de monitoreo evaluados en Temporada Seca y Temporada Húmeda

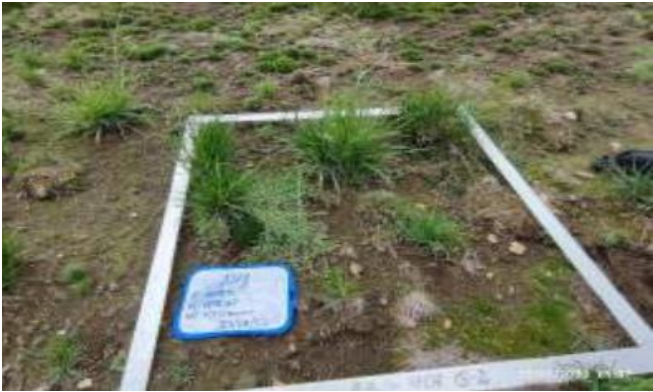
TEMPORADA SECA	
	
TEMPORADA HÚMEDA	
	

Figura G3

Especies de Ornitofauna registrada en Temporada Seca

CHURRETE DE ALA CREMA (<i>Cinclodes albiventris</i>) 	IBIS DE LA PUNA (<i>Plegadis ridgwayi</i>) 	CHIRIGÜE DE LOMO BRILLANTE (<i>Sicalis uropygialis</i>) 
JILGUERO NEGRO (<i>Spinus atratus</i>) 	GORRIÓN DE COLLAR RUFO (<i>Zonotrichia capensis</i>) 	

Figura G4

Especies de Ornitofauna registrada en Temporada Húmeda

GAVIOTA ANDINA
(*Chroicocephalus serranus*)



HUALLATA
(*Oressochen melanopterus*)



DORMILONA DE LA PUNA
(*Muscisaxicola juninensis*)



GALLARETA ANDINA
(*Fulica gigantea*)

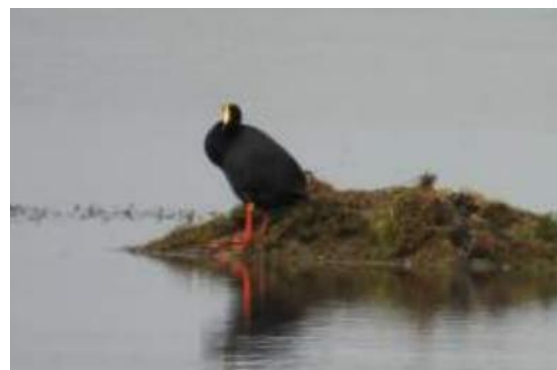


Figura G5

Especies de Mastofauna registrada en Temporada Seca y Temporada Húmeda

TEMPORADA SECA		
RATÓN CAMPESTRE DE JELSKI (<i>Abrothrix jelskii</i>)	RATÓN OREJÓN PINTADO (<i>Auliscomys pictus</i>)	RATÓN CAMPESTRE DE JUNÍN (<i>Akodon juninensis</i>)
		
TEMPORADA HUMEDA		
RATÓN VESPERTINO PRECIOSO (<i>Calomys lepidus</i>)	PERICOTE DE CASA (<i>Mus musculus</i>)	RATÓN DE HUMEDALES ANDINO (<i>Neotomys ebriosus</i>)
		