

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

**PROPUESTA DE UN PLAN DE REVEGETACIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL
DEL PROYECTO MINERO AFC-14, PAMPILLA – ANANEA - PUNO 2023**

PRESENTADA POR:

JUAN ALEX PACOSONCO CCAMA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PUNO – PERÚ

2024



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](https://www.upsc.edu.pe/) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



9.96%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 12 JUN 2024, 12:06 PM

Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL
0.84%

● CHANGED TEXT
9.12%

Report #21657673

JUAN ALEX PACOSONCO CCAMA PROPUESTA DE UN PLAN DE REVEGETACIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL DEL PROYECTO MINERO AFC-14, PAMPILLA – ANANEA - PUNO 2023 RESUMEN Las actividades mineras realizadas en la Pampilla - Ananea vienen provocando la degradación de los suelos dejando pasivos ambientales que afectan directa e indirectamente a los ecosistemas del entorno. El presente estudio de investigación tuvo como objetivo considerar las estrategias más adecuadas para remediar los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla - Ananea - Puno, 2023., para restaurar el ecosistema afectado por el depósito de minerales. Inicialmente, se seleccionó el Área de Pasivos Ambientales Mineros (PAM) a ser revegetada mediante el inventario del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), considerando parámetros como la aproximación a la localidad de la Pampilla y el riesgo asociado a la carretera. Se llevó a cabo un diagnóstico para identificar las zonas impactadas por la actividad del proyecto minero AFC-14 en la Pampilla. Seguidamente, se identificaron las especies nativas mejor adaptadas a la región y zona considerando las variables y factores climáticos para la propuesta de revegetación las cuales son Ichu (*Stipa ichu*), Puya de Raimondi (*Puya raimondii*), Yareta (*Azorella compacta*), Cushuro (*Nostoc*), Chachacoma (*Baccharis conferta*), Aliso (*Alnus acuminata*), Tola (*Buddleja incana*). Finalmente, se propusieron estrategias adecuadas para la revegetación y remediación de los pasivos ambientales del proyecto

UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS
FACULTAD DE INGENIERÍAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
TESIS

**PROPUESTA DE UN PLAN DE REVEGETACIÓN DEL PASIVO AMBIENTAL
DEL PROYECTO MINERO AFC-14, PAMPILLA – ANANEA - PUNO 2023**

PRESENTADA POR:

JUAN ALEX PACOSONCO CCAMA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:



Dr. RONNY ALEXANDER GUTIERREZ CASTILLO

PRIMER MIEMBRO

:



Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:



M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA

ASESOR DE TESIS

:



Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

Área: Ingeniería Tecnológica

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Línea de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 18 de junio del 2024.

DEDICATORIA

A Dios por haberme brindado la oportunidad de llegar a este punto, por acompañarme en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón y alumbrar mi mente, y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi apoyo y compañía a lo largo de mi proceso de formación.

A mi hermano Lesmer Juan de Dios Pacosonco Ccama (†) , que desde el cielo me viene cuidando y protegiendo.

A mis padres por su amor, esfuerzo y sacrificio a lo largo de todos estos años que siempre me apoyaron para poder superarme.

A mi hijo joe , mi pareja elsira, quienes son el motor y motivo para seguir adelante, por su apoyo y por estar siempre a mi lado en los momentos más complicados

A mi amigo Pacompia y a la familia Pacosoncco Chambi por todo su apoyo, por extender la mano en todo momento.

A mis amigos y familiares quienes con palabras de aliento supieron ayudarme a superar todos los problemas.

AGRADECIMIENTOS

Mi sincero agradecimiento a la Universidad Privada San Carlos , a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental por recibirme como si fuera mi segunda casa, donde he recibido las enseñanzas de diversos catedráticos y su amplio conocimiento de cada uno hicieron que pueda desarrollarme día a día como estudiante gracias a ello he logrado alcanzar uno de mis objetivos más deseados.

Doy gracias a Dios por haberme concedido una familia extraordinaria que siempre ha confiado en mí, brindándome ejemplos de perseverancia, humildad y sacrificio, inculcándome la importancia de apreciar todo lo que poseo. A todos ellos que han cultivado en mí el anhelo de superación y éxito en la vida, lo cual ha contribuido significativamente a la obtención de este logro.

A mi asesor de mi tesis Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA, que a pesar de sus ocupaciones siempre tuvo la amabilidad de responder a mis inquietudes, por su apoyo, motivación y la paciencia que tuvo hacia mí para culminar la presente investigación.

A los miembros integrantes del jurado calificador Dr. RONNY ALEXANDER GUTIERREZ CASTILLO, Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ y M.Sc. FREDY APARICIO CASTILLO SUAQUITA, por orientarme para concluir el presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTOS	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
ABSTRACT	11
INTRODUCCIÓN	12

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	17
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	17
1.2. ANTECEDENTES	17
1.2.1. INTERNACIONALES	17
1.2.2. NACIONALES	20
1.2.3. REGIONALES Y LOCALES	22
1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO	23
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	23
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	25
2.1.1. SUELO	25
	3

2.1.2. CALIDAD DEL SUELO	25
2.1.3. CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR EXPLORACIONES MINERAS	26
2.1.4. PASIVOS AMBIENTALES MINEROS (PAM)	26
2.1.5. REVEGETACIÓN EN SUELOS IMPACTADOS POR ACTIVIDADES MINERAS	29
2.1.6. IMPACTO AMBIENTAL	30
2.2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	31
2.3. MARCO TEÓRICO NORMATIVO	32
2.3.1. LEY GENERAL DEL AMBIENTE - LEY N° 28611	32
2.3.2. LEY QUE REGULA LOS PASIVOS AMBIENTALES DE LA ACTIVIDAD MINERA - LEY N° 28271	32
2.3.3. LEY ORGÁNICA DE MUNICIPALIDADES - LEY N° 27972	32
2.4. HIPÓTESIS	33
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	33
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	33
CAPÍTULO III	
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. ZONA DE ESTUDIO	34
3.1.1. UBICACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO	34
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	35
3.2.1. POBLACIÓN	35
3.2.1. MUESTRA	35
3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS	36
3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	36
3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	36
3.3.4. BASADO EN LA OBSERVACIÓN	36
3.3.5. MATERIALES	36
	4

3.3.6. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	38
3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO	39

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. DIAGNÓSTICO PARA IDENTIFICAR LAS ÁREAS AFECTADAS POR LA ACTIVIDAD DEL PROYECTO MINERO AFC-14, PAMPILLA ANANEA - PUNO	40
4.1.1. REVISIÓN DE DOCUMENTACIÓN	40
4.1.2. MAPEO DEL ÁREA DEL PROYECTO	42
4.1.3. IDENTIFICACIÓN DE ACTORES INVOLUCRADOS	42
4.1.4. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	44
4.1.5. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO	48
4.1.6. MONITOREO CONTINUO	49
4.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES NATIVAS MÁS ADAPTADAS DE LA ZONA PARA UNA PROPUESTA DE REVEGETACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES DEL PROYECTO MINERO AFC-14, PAMPILLA – ANANEA – PUNO	51
4.2.1. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO	51
4.2.2. CLIMA	52
4.2.3. TEMPERATURA	52
4.2.4. SISMICIDAD	54
4.2.5. TIPO DE SUELO	54
4.2.6. COBERTURA VEGETAL	55
4.2.7. COBERTURA DE FAUNA	58
4.2.8. HIDROGRAFÍA	60

4.3. ESTRATEGIAS MÁS ADECUADAS PARA LA REVEGETACIÓN Y REMEDIACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES DEL PROYECTO MINERO AFC-14, PAMPILLA.	62
4.3.1. SELECCIÓN DE ESPECIES NATIVAS	62
4.3.2. TÉCNICAS DE PLANTACIÓN	63
4.3.3. MEJORA DE LA CALIDAD DEL SUELO	66
4.3.4. MONITOREO CONTINUO	67
4.3.5. PARTICIPACIÓN COMUNITARIA	68
4.4. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	69
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 01: Operacionalización de variables.	39
Tabla 02: Ubicación política del proyecto minera AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno.	41
Tabla 03: Datos generales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea – Puno.	41
Tabla 04: Acceso al proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea – Puno.	42
Tabla 05: Coordenada UTM WGS 84, de la concesión AFC-14, Pampilla – Ananea – Puno.	42
Tabla 06: Categorías de valoración de impactos.	45
Tabla 07: Dirección e intensidad del viento.	53
Tabla 08: Inventario general de flora de vida silvestre en Pampilla – Ananea – Puno.	57
Tabla 09: Inventario general de aves en Pampilla – Ananea – Puno.	59
Tabla 10: Inventario general de mamíferos en Pampilla – Ananea – Puno.	60

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Pasivo ambiental minero.	27
Figura 02: Proceso de revegetación de pasivos ambientales mineros.	30
Figura 03: Principales daños que genera la minería ilegal en el Perú.	31
Figura 04: Mapa de Ubicación del Proyecto Minero AFC-14 Pampilla – Chaquiminas.	34
Figura 05: Ubicación del área de estudio para la propuesta de revegetación.	35
Figura 06: Diseño de canal de coronación.	66
Figura 07: Modelo de cobertura de tipo II aplicado en depósitos de relaves.	67

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Pasivos ambientales mineros en Ananea.	81
Anexo 02: Matriz de consistencia: Título: propuesta de un plan de revegetación del pasivo ambiental del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea, Puno 2023.	82
Anexo 03: Instrumentos para registro de información para el diagnóstico de plantas nativas.	84
Anexo 04: Especies identificadas para revegetación de áreas degradadas.	85

RESUMEN

Las actividades mineras realizadas en la Pampilla - Ananea vienen provocando la degradación de los suelos dejando pasivos ambientales que afectan directa e indirectamente a los ecosistemas del entorno. El presente estudio de investigación tuvo como objetivo considerar las estrategias más adecuadas para remediar los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla - Ananea - Puno, 2023., para restaurar el ecosistema afectado por el depósito de minerales. Inicialmente, se seleccionó el Área de Pasivos Ambientales Mineros (PAM) a ser revegetada mediante el inventario del Ministerio de Energía y Minas (MINEM), considerando parámetros como la aproximación a la localidad de la Pampilla y el riesgo asociado a la carretera. Se llevó a cabo un diagnóstico para identificar las zonas impactadas por la actividad del proyecto minero AFC-14 en la Pampilla. Seguidamente, se identificaron las especies nativas mejor adaptadas a la región y zona considerando las variables y factores climáticos para la propuesta de revegetación las cuales son Ichu (*Stipa ichu*), Puya de Raimondi (*Puya raimondii*), Yareta (*Azorella compacta*), Chachacoma (*Baccharis conferta*), Aliso (*Alnus acuminata*), Tola (*Parastrephia quadrangularis*), Jara amarilla (*Baccharis salicifolia*), Festuca alta (*Festuca arundinacea*). Finalmente, se propusieron estrategias adecuadas para la revegetación y remediación de los pasivos ambientales del proyecto minero, basándose en toda la información recopilada. Concluyendo que la propuesta proporciona una base sólida para el desarrollo e implementación de estrategias efectivas de recuperación, con el fin de contribuir a la sostenibilidad ambiental a mediano y largo plazo de la zona.

Palabras clave: Pasivo ambiental, Remediación, Restauración, Revegetación.

ABSTRACT

The mining activities carried out in La Pampilla - Ananea have been causing the degradation of the soil, leaving environmental liabilities that directly and indirectly affect the surrounding ecosystems. The objective of this research study was to consider the most appropriate strategies to remedy the environmental liabilities of the AFC-14 mining project, Pampilla - Ananea - Puno, 2023., to restore the ecosystem affected by the mineral deposit. Initially, the Mining Environmental Liabilities Area (PAM) was selected to be revegetated through the inventory of the Ministry of Energy and Mines (MINEM), considering parameters such as the approach to the town of La Pampilla and the risk associated with the road. A diagnosis was carried out to identify the areas impacted by the activity of the AFC-14 mining project in La Pampilla. Next, the native species best adapted to the region and area were identified, considering the climatic variables and factors for the revegetation proposal which are Ichu (*Stipa ichu*), Puya de Raimondi (*Puya raimondii*), Yareta (*Azorella compacta*), Chachacoma (*Baccharis conferta*), Aliso (*Alnus acuminata*), Tola (*Parastrephia quadrangularis*), Jara amarilla (*Baccharis salicifolia*), Festuca alta (*Festuca arundinacea*). Finally, appropriate strategies were proposed for the revegetation and remediation of the environmental liabilities of the mining project, based on all the information collected. Concluding that the proposal provides a solid basis for the development and implementation of effective recovery strategies, in order to contribute to the medium and long-term environmental sustainability of the area..

Keywords: Environmental liability, remediation, restoration, revegetation.

INTRODUCCIÓN

La extracción de minerales desempeña un papel crucial en la economía peruana, con múltiples empresas desarrollando sus actividades en asentamientos ubicados a altitudes superiores a los 3200 metros sobre el nivel del mar. En estos lugares, la minería a cielo abierto ha llevado a cabo una gestión inapropiada de sus residuos, generando consecuencias ecológicas altamente preocupantes. Aunque algunas de estas compañías mineras han detenido sus operaciones, los desechos mineros que dejaron atrás se convierten en pasivos ambientales que representan un desafío actual en las elevadas zonas de los Andes (Martinez, 2018).

En este contexto, la actividad minera provoca contaminación en distintas etapas de su proceso, y las repercusiones de la contaminación por metales pesados afectan negativamente al entorno, dañando la flora y la fauna. En la región de Puno, en las minas, se pueden identificar claramente las causas de la contaminación, evidenciadas por la presencia de metales pesados y la ausencia de vegetación y vida silvestre (Novoa et al., 2022). Los impactos ambientales varían según el contaminante y su concentración, dando lugar a la degradación del suelo y la creación de pasivos ambientales mineros que afectan directa e indirectamente al entorno. Estos impactos tienen consecuencias en el equilibrio de los ecosistemas. Por lo tanto, abordar este problema requiere la implementación de tecnologías destinadas a remediarlo (Ccosi, 2022).

Una de las estrategias empleadas para recuperar suelos contaminados es la fitorremediación, un proceso en el que se emplean plantas para reducir o eliminar la contaminación en suelos, aguas superficiales, subterráneas, depósitos, entre otros. En este sentido, ciertas plantas tienen la capacidad de absorber contaminantes a través de sus raíces, lo que posibilita la disminución de las concentraciones de metales tanto en efluentes como en relaves (Romero & Bravo, 2021).

El Artículo I de la Ley General del Ambiente 28611 de 2005 establece que toda persona tiene el derecho inalienable de habitar en un entorno saludable. Los Pasivos Ambientales Mineros, cuando no son adecuadamente gestionados, ocasionan la contaminación del

suelo, la pérdida de especies, la desertificación en algunos casos y, a través de la dispersión, causan daño a los seres vivos circundantes. Con base en lo anterior, se busca restaurar la calidad ambiental de la zona afectada con el objetivo de preservar la biodiversidad presente y, como consecuencia, reducir la contaminación (Peña, 2021).

La minería artesanal está experimentando un crecimiento a nivel mundial, incluyendo la región de Puno, con un aumento en el número de operadores. Sin embargo, este incremento está generando consecuencias negativas cada vez más significativas en los ecosistemas. La propuesta consiste en abordar los Pasivos Ambientales Mineros (PAM) derivados de la minería artesanal en el distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, con el objetivo de reducir la presencia de metales pesados en dichos pasivos. El estudio busca mejorar la calidad de vida de los residentes cercanos asegurando un entorno libre de metales pesados, beneficiando así a las actividades económicas locales, como la agricultura y la ganadería, y previniendo los efectos de la contaminación de los PAM, al mismo tiempo que fomenta la implementación de servicios ecosistémicos. Además, se plantea la recuperación de los servicios ecosistémicos y bienes de la zona afectada, y la posibilidad de extraer minerales presentes en los PAM para su comercialización.

Con esta investigación se busca formular un plan de remediación de los pasivos ambientales del Proyecto Minero AFC-14 y que pueda servir como guía para remediar los futuros pasivos ambientales del Distrito de Ananea.

El desarrollo de este documento se ha estructurado en los siguientes apartados:

Capítulo I: Se presenta el problema, incluyendo información relevante relacionada con la investigación. Luego, se citan antecedentes a nivel internacional, nacional y local, para finalmente exponer los objetivos del trabajo.

Capítulo II: Cada uno de los términos que fundamentan el trabajo es desarrollado en detalle. Se presenta el marco teórico y conceptual, así como la normativa nacional vigente. Al final de este capítulo, se mencionan las hipótesis del trabajo.

Capítulo III: Se aborda la metodología de investigación, describiendo cómo se llevó a cabo el estudio. Se presentan la zona de estudio, la población y muestra, y los aspectos estadísticos del trabajo.

Capítulo IV: En este apartado se exponen los resultados obtenidos, seguido de un análisis e interpretación detallada de cada uno de ellos.

Finalmente, en las conclusiones, se ofrecen apreciaciones sobre los resultados obtenidos y se recomienda la perspectiva que proporciona la realización de este trabajo.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los pasivos ambientales mineros (PAM) crean situaciones ambientales que son acumulativas y de largo recorrido histórico, que a menudo persisten y empeoran y afectan las aguas superficiales y subterráneas, los suelos, flora, fauna, la salud humana y el medio ambiente en general (Bruguera-Amarán et al., 2020).

En nuestro país, enfrentamos un problema vinculado a los pasivos ambientales (PAMs) que han sido generados por la actividad minera desde la época incaica hasta el presente. La falta de supervisión ambiental ha resultado en la acumulación de estos pasivos, también conocidos como PAMs, cuya resolución implica la proposición de medidas para remediar los daños causados al entorno debido a las operaciones minero-metalúrgicas pasadas. Los pasivos ambientales se refieren a instalaciones, efluentes, emanaciones, restos o depósitos de residuos generados por operaciones mineras que han sido abandonadas o están inactivas (Peña, 2021).

Los PAMs contienen diversas sustancias tóxicas provenientes de actividades mineras ilegales e informales, las cuales resultan en la degradación del ecosistema, perjuicios a la salud, deterioro de la calidad de vida y afectación de bienes públicos y privados. Esto representa un riesgo potencial de contaminación ambiental, ya que no existe en la legislación un marco legal específico para la compensación o reparación de los daños ambientales ocasionados, solo se disponen instrumentos de prevención, remediación y compensación. Los suelos afectados por la presencia de metales pesados experimentan

la pérdida de su fertilidad, llevándolos a un estado de desolación y afectando sus propiedades, como los nutrientes y la capacidad de intercambio catiónico, lo que los deja sin oportunidad de recuperarse naturalmente (Jose, 2021).

Se enfrenta otro inconveniente debido a la dispersión de contaminantes por el viento. La ausencia de vegetación y cobertura del suelo contribuye considerablemente al aumento de la erosión y la generación de polvo, el cual se dispersa en el aire, elevando la concentración de partículas suspendidas. En esta situación, dichas partículas resultan perjudiciales para la población debido a su contenido de elementos metálicos, afectando los órganos internos y provocando deficiencia de oxígeno cuando son ingeridas (Peña, 2021).

En el Perú, se han identificado un total de 6 903 pasivos Ambientales mineros distribuidos en 20 regiones del país (MINEM, 2022), con 774 (11%) de ellos localizados en la región Puno, según datos de la defensoría del pueblo en el país solo el 45% (3132) de ellos se encuentran gestionados y el 55% (3 771) de los PAM identificados no tienen gestión alguna para su remediación (Defensoría del pueblo, 2023).

El impacto de la minería sobre el medio ambiente puede ser considerable y tener consecuencias a largo plazo. Hay muchos ejemplos de buenas y malas prácticas en la gestión y rehabilitación de áreas mineras. El efecto ambiental de las prácticas mineras es una cuestión cada vez más importante para la industria y sus trabajadores. Es por ello que las empresas mineras deben de cumplir con los reglamentos establecidos, para tratar de mitigar y minimizar los problemas ambientales (Dávila & Walter, 2018).

La actividad minera en la zona de Ananea, específicamente en La Rinconada, ha generado contaminación ambiental, resultando en la acumulación de residuos a lo largo del tiempo. En La Rinconada, se ha identificado la presencia de diversos elementos, con niveles de aluminio (Al) que oscilan entre 7.79 y 66.2 mg/L, cromo (Cr) en una muestra con 0.12 mg/L, hierro (Fe) en un rango de 36.1 a 280 mg/L, mercurio (Hg) con niveles entre 0.0158 y 0.1301 mg/L, manganeso (Mn) que varía de 0.4004 a 6.5092 mg/L, y níquel (Ni) con valores entre 0.2278 y 1.2148 mg/L. Estos descubrimientos tienen

consecuencias negativas para los ecosistemas y la salud de las personas en la región (Novoa et al., 2022).

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Será viable la propuesta de un plan de revegetación para remediación de los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea – Puno 2023?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál será el diagnóstico de las áreas afectadas por la actividad minera del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno 2023?
- ¿Qué especies nativas serán las más adecuadas para una propuesta de revegetación de los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno 2023?
- ¿Cuáles serán las estrategias más adecuadas para una propuesta de revegetación y remediación de los Pasivos Ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla?

1.2. ANTECEDENTES

1.2.1. INTERNACIONALES

Zamora et al. (2020), examinaron diversas opciones para abordar la rehabilitación de antiguos sitios mineros, centrándose en la viabilidad de utilizar recubrimientos multicapa y cobertura seca (suelos sectoriales) para remediar Pasivos Ambientales Mineros (PAM) en Japo, Santa Fe. La investigación se enfocó en evaluar el impacto ambiental de los relaves extraídos, considerando propiedades físicas, químicas, mineralógicas y geoquímicas de los suelos en la zona. Asimismo, se analizaron las propiedades geotécnicas de los suelos para anticipar su comportamiento como cobertura seca. El estudio también incorporó análisis técnicos, económicos y ambientales con el propósito de proponer estrategias de restauración eficientes para los Pasivos Ambientales Mineros.

González (2021), resaltan en su estudio que la falta de consideración de los impactos ambientales durante las actividades mineras resulta en la generación de Pasivos Ambientales Mineros (PAM), los cuales deben ser identificados y tratados. A diferencia de países como Perú, Colombia carece de una normativa específica y un mecanismo

establecido para la remediación de estos casos. Ante esta carencia, los autores plantean la pregunta de cómo podría implementarse un mecanismo de remediación de PAM en Colombia, tomando como referencia estándares de justicia ambiental similares a los de Perú. Subraya la importancia de examinar la aplicación de mecanismos de reparación de PAM en Colombia, sugiriendo la inversión en proyectos de obras públicas como una de las posibles estrategias, asegurando el respeto a las creencias y cosmovisiones de la comunidad, así como obteniendo su consentimiento para dichas inversiones.

Gambini (2020), describen que la actividad minera a nivel global, nacional y particularmente en el Perú genera problemas sociales, degradación extensiva del suelo y contaminación del agua. Se reconocen varios tipos de explotación minera, cada uno con características específicas en términos de área afectada, sustancias químicas empleadas e impacto ambiental. Entre los métodos comunes de explotación se encuentran las minas a cielo abierto, subterráneas y de dragado. Para remediar suelos contaminados por la minería, se aplican diversos métodos, considerando el tipo de contaminante, las características del suelo, la eficacia, la viabilidad económica y el tiempo necesario para su implementación. Las tecnologías más frecuentes en la remediación son tratamientos fisicoquímicos, térmicos y biológicos, seleccionados según la idoneidad para cada caso específico.

Gavilánez & Parra (2023), manifiestan que la minería, al igual que otras actividades humanas, causa serias alteraciones ambientales al realizarse sin las medidas necesarias, generando contaminación del agua, aire y suelo con riesgos para la salud. En Ecuador, la actividad minera amenaza a numerosas especies y afecta sectores como Zaruma, con socavones que impactan la economía y causan pérdidas humanas. Este proyecto evalúa económicamente el suelo de Zaruma, buscando implementar programas para su conservación mediante el Método de Valoración Contingente. Encuestas virtuales a 387 habitantes muestran una disposición a pagar de \$23.91 anuales por hogar, generando un Valor Económico Total de \$153 741.30 anuales. La variable edad afecta negativamente la disposición a pagar. La falta de estudios en conservación del suelo afectado por minería

usando este método destaca la necesidad de más investigaciones. Los resultados subrayan la importancia de la intervención pública para mejorar la administración de programas que conserven este recurso natural.

Paz et al. (2022), evaluaron la calidad del suelo en los núcleos poblados cercanos a las zonas de explotación minera aurífera en el cantón Camilo Ponce Enríquez. Se examinaron las concentraciones de metales pesados y metaloides (As, Cd, Cu, Cr, Ni, Pb y Zn) en muestras de suelo recolectadas en áreas públicas, patios, jardines y zonas de cultivo. Los resultados indicaron que la concentración de Ni y Cr superó el límite máximo permitido (LMP) establecido en el Texto Unificado de la Legislación Secundaria Medioambiental del Ecuador (TULSMA). La concentración de Cu y Zn fue superior al LMP en el 90% de los sitios muestreados. El Cd superó el LMP en el 64% de las muestras, mientras que el As y el Pb superaron los LMP en el 26% y 21% de las muestras, respectivamente. Debido a la elevada toxicidad y la presencia significativa de Cd, As y Pb en la zona de estudio, estos elementos son motivo de especial preocupación. Los análisis de pH mostraron valores entre 3.31 y 8.21, indicando condiciones ácidas en el 60% de las muestras de suelo, posiblemente como resultado de la actividad humana en la zona. Se observaron correlaciones positivas fuertes entre As-Cd, Cr-Ni, Cu-Ni, y correlaciones moderadas entre Cr-Cu y Pb-Zn, relacionadas con la mineralización del área. Estos resultados preliminares pueden establecer una línea base para futuras investigaciones, destacando la importancia de evaluar la calidad del suelo en núcleos poblados cercanos a áreas mineras.

Gallardo (2019), en su investigación propuesta de fitorremediación en suelos contaminados con metales pesados mediante utilización de *Helianthus annuus* L, sugirieron la aplicación de *Helianthus annuus* L como medida para corregir la contaminación de suelos con metales pesados, incluyendo plomo, zinc y cadmio. Para delimitar el área de estudio, empleó Google Earth, y para definir las características del girasol, llevó a cabo una revisión bibliográfica. La investigación documental y descriptiva

respaldó la evidencia de los impactos negativos de la actividad minera en el suelo de la zona de estudio.

1.2.2. NACIONALES

Peña (2021), manifiestan de manera detallada el plan de revegetación diseñado para abordar el Pasivo Ambiental Minero N° 14582, localizado en el distrito de Caylloma. La identificación de PAMs a remediar se llevó a cabo inicialmente mediante el Inventario de PAM del MINEM, considerando su proximidad al distrito. Posteriormente, se estableció una línea base ambiental en el cuadrante 31s y en la zona afectada por los PAM, utilizando información recopilada de estudios previos. Con estos datos, se desarrolló un plan que incluyó la determinación del uso forestal, la mejora de las propiedades del suelo mediante la aplicación de cal y fertilizantes para ajustar el pH y aumentar la materia orgánica. La elección de sembrar pastos altoandinos se fundamentó con investigaciones anteriores. Además, se tuvieron en cuenta los parámetros físicos del terreno, como la pendiente, pedregosidad y profundidad, para diseñar la disposición final de las plántulas y la siembra en hileras, con el propósito de prevenir la erosión del suelo y optimizar la utilización del espacio. Integrando todos estos elementos, se elaboró una propuesta de plan de revegetación para el Pasivo Ambiental Minero N° 14582.

Guardiamos & Julca (2022), manifiestan que, en los últimos años, se han implementado tecnologías innovadoras, como la fitorremediación, para preservar y recuperar los recursos naturales afectados por la actividad minera. Se tuvo como objetivo analizar artículos científicos y de revisión relacionados con la eficacia de *Brassica juncea*, *Cecropia peltata* y *Urtica urens* en la remediación de suelos contaminados por minería en el periodo de 2010 a 2021. Se utilizaron diversos repositorios en español para recopilar información, clasificarla según su contenido y relación con cada variable, y seleccionar estudios pertinentes. Como resultado, se propuso un diagrama que detalla los pasos para la fitorremediación, destacando su eficacia en la adsorción de metales presentes en suelos afectados por la actividad minera.

Martinez (2018), evaluaron el estado de conservación de suelos contaminados por la relavera El Madrigal-Arequipa y propuesta de fitorremediación", tuvo como objetivo determinar el estado de conservación de suelos afectados por la relavera "El Madrigal" y presentar una propuesta de fitorremediación. Se procedió a la identificación y evaluación de especies vegetales en áreas contaminadas debido a la actividad minera. Los resultados indicaron que la vegetación es limitada en diversas zonas de estudio, siendo más diversa y con mayor número de individuos en áreas periféricas al centro del depósito de relaves. Se logró identificar 16 especies distribuidas en 7 familias, 6 órdenes y una clase en las cinco zonas de muestreo. En tanto, los pasivos mineros generados por la Relavera "El Madrigal" han llevado a que los terrenos se vuelvan improductivos o no aptos para el cultivo.

Aduvire & Aduvire (2021), presentan un enfoque para remediar y restaurar áreas afectadas por actividades mineras pasadas, así como la presencia natural de sulfuros mineralizados y vetas de carbón en la superficie. Su método involucró un diagnóstico exhaustivo del sitio, que abarcó la evaluación de características climáticas, geológicas, hidrológicas, del suelo, botánicas y agronómicas. Los autores identificaron un suelo con alto contenido de materia orgánica en la zona, considerándolo propicio para la restauración de un bofedal. Los resultados del estudio indicaron que las medidas de remediación y restauración fueron exitosas en la recuperación del bofedal. La zona rehabilitada logró restablecer su integridad biológica e hidrológica, convirtiéndose en un hábitat adecuado para la fauna nativa.

Díaz (2019), propusieron abordar de manera responsable el pasivo ambiental minero de Relaves Pacococha 10488, con el fin de establecer un plan para la restauración de los ecosistemas degradados. Su objetivo consistió en llevar a cabo una evaluación actualizada de la responsabilidad ambiental minera, considerando indicadores ecológicos, físicos, biológicos, socioeconómicos y culturales, e implementar medidas correctivas como la revegetación. El estudio se estructuró en cuatro fases, empleando un enfoque retrospectivo para identificar áreas clave que necesitaban atención. Se realizaron análisis

cualitativos y cuantitativos de la calidad ambiental, proponiendo la revegetación con especies nativas como una acción correctiva. Esto incluyó la construcción de canales de cumbrera para mitigar los riesgos para la salud, la seguridad humana, el medio ambiente y los ecosistemas circundantes, con el propósito de minimizar el impacto socioambiental. Cholan & Menacho (2020), examinaron y midieron los cambios en el tiempo y el espacio en la degradación de la cobertura vegetal y del agua provocada por la actividad minera en la mina Antamina, situada en la provincia de Huari, región Ancash, entre 1991 y 2018. Se utilizaron imágenes satelitales de Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI y ASTER para calcular los índices de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y de agua de diferencia normalizada (NDWI). Estos índices se aplicaron en el análisis temporal y cuantificación de la cobertura vegetal y del agua degradada a través del método de segmentación por umbrales, que agrupa píxeles con características similares. Los resultados señalan que la degradación comenzó entre 2000 y 2001. Durante el período de 2000 a 2018, se identificó una tasa de crecimiento anual del área del tajo abierto, incluyendo los botaderos de desmonte, de 67.91 ha/año, y una tasa de crecimiento anual de la presa de relave minero de 29.142 ha/año. Los resultados cumplen con el objetivo de analizar y cuantificar la variación espacio-temporal en la degradación de la cobertura vegetal y del agua debido a la actividad minera en la mina Antamina.

1.2.3. REGIONALES Y LOCALES

Ccosi (2022), se enfocó en la evaluación de muestras de suelos contaminados de la Minería de Pomperia. Se llevaron a cabo experimentos en los laboratorios de Evaluación y Monitoreo de Calidad Ambiental del Departamento de Ingeniería de Minas y en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UNAP. El propósito principal fue analizar la eficacia de diversas bacterias y microorganismos presentes en el producto Bio Mikhuy para llevar a cabo la biorremediación de pasivos ambientales con concentraciones elevadas de metales pesados, incluyendo Cu, Pb, Zn y Al. Mediante un proceso gradual de adaptación de microorganismos al entorno contaminado, utilizando

condiciones específicas de temperatura y humedad, se logró una eficiencia significativa en la eliminación de los metales pesados.

Cuentas et al. (2019), abordan sobre los problemas ambientales y sociales asociados a la actividad minera, focalizándose en la desactivada mina Palca XI, previamente dedicada a la extracción de tungsteno en la Comunidad de Condoraque. A través del empleo del método de evaluación propuesto por Golder Associates, llevaron a cabo un análisis simplificado del riesgo de contaminación. Los resultados evidencian que existe una alta probabilidad de que los flujos de drenaje del talud de San Marcelo afecten el nivel freático, generando principalmente consecuencias de magnitud alta y media para la vida acuática y terrestre, y de magnitud débil para los humanos, siendo insignificantes para la agricultura y la ganadería. Respecto a las minas de relaves, presentan una probabilidad media con bajas consecuencias para personas, el entorno y las actividades económicas. Adicionalmente, los bofedales experimentan impactos negativos a causa de flujos de aguas ácidas originados en la laguna de Choquene. En conclusión, se sugiere llevar a cabo una evaluación detallada del riesgo para humanos, humedales, ganadería, animales terrestres y acuáticos con el propósito de implementar medidas correctivas debido al impacto en los cuerpos de agua subterráneos.

1.3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Proponer un plan de revegetación considerando las estrategias más adecuadas para remediar los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno 2023.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico para identificar las áreas afectadas por la actividad del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno.
- Identificar las especies nativas más adaptadas de la zona para una propuesta de revegetación de los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno.

- Proponer las estrategias más adecuadas para la revegetación y remediación de los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1.1. SUELO

Los suelos se constituyen a partir de la acumulación de grava, arena, arcilla y materia orgánica, depositadas por glaciares y vientos. Se requiere realizar investigaciones de carácter físico para obtener resultados que reflejen de manera representativa las propiedades de estos suelos (Palomino & Rengifo, 2018). Pueden clasificarse en cinco categorías esenciales: grava, arena, limo, arcilla y materia orgánica, aunque es poco común hallarlos de forma aislada (Huanca, 2018). Según el MINAM, el suelo se define como una sustancia no consolidada en las capas superficiales de la corteza terrestre, compuesta por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos, como resultado de la influencia de factores bióticos y abióticos (Schwartzmann, 2019).

2.1.2. CALIDAD DEL SUELO

Consiste en la conjunción de condiciones específicas que posibilitan el correcto funcionamiento del suelo en un entorno determinado (Ames, 2019). La identificación de la calidad del suelo es esencial para reconocer el tipo de contaminación presente y definir las medidas requeridas para su manejo. Los usos del suelo actúan como indicadores tempranos y eficaces de alteraciones en su calidad (Huamán, 2021). La calidad del suelo hace referencia a su adecuación para un propósito específico sin ocasionar daños al medio ambiente, y se evalúa su estado de salud mediante análisis a lo largo de diversas escalas temporales (Rufino, 2019).

2.1.3. CONTAMINACIÓN DEL SUELO POR EXPLORACIONES MINERAS

La degradación ambiental se manifiesta como una forma de contaminación cualitativa que restringe a elementos como el suelo, el agua y el aire, y se reconocen dos categorías de contaminación climática detectable (M. Quispe & Tapia, 2022). Las actividades mineras suelen causar un impacto ambiental considerable al degradar los suelos naturales y dar origen a nuevos suelos con limitaciones físicas, químicas y biológicas que dificultan la restauración de la vegetación. En años recientes, se han establecido diversas regulaciones que exigen el reciclaje de los suelos extraídos durante la minería. Para abordar esto de manera técnica, es crucial realizar investigaciones previas tanto sobre el estado inicial del suelo como sobre el estado del suelo remanente en la zona, teniendo en cuenta las circunstancias específicas de cada caso (García & Dorronsoro, 2022).

2.1.4. PASIVOS AMBIENTALES MINEROS (PAM)

En el territorio nacional, la responsabilidad ambiental en la industria minera se extiende a instalaciones, vertidos y operaciones clausuradas que implican riesgos para la salud y los ecosistemas, conforme a la Ley N° 28271. Hasta julio de 2004, se contabilizaron 7,956 de dichas instalaciones según el registro del Ministerio de Energía y Minas en el año 2020. La Contraloría General de la República evaluó la gobernanza para gestionar de manera integral estas responsabilidades ambientales (Castillo et al., 2021). Estas zonas, desprovistas de vegetación, abarcan instalaciones de aguas residuales, emisiones, desechos o vertederos provenientes de operaciones mineras clausuradas o inactivas, representando una amenaza para la salud y el entorno como se observa en la Figura 1 (Quinto, 2021).



Figura 01: Pasivo ambiental minero.

Fuente: (Vidalón, 2017).

2.1.4.1. Tipos de PAM

El Ministerio de Energía y Minas está examinando tres clasificaciones de Planes de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), que abarcan más de diez subtipos. Estas categorías engloban operaciones mineras, desglosadas en siete subtipos como accesos a minas, chimeneas, pozos, conexiones de puntales, trincheras y tajos abiertos. La segunda categoría se enfoca en residuos mineros, con cuatro subtipos que incluyen relaves, desechos mineros, desechos de lixiviados, y finalmente, infraestructuras con cinco subtipos como almacenes, oficinas, talleres, plantas de procesamiento y otras instalaciones vinculadas a proyectos mineros (Chávez, 2015). Estos elementos están asociados a consecuencias negativas externas en procedimientos mineros industriales como depósitos de residuos de procesamiento, vertederos y desechos de proceso (escorias, cenizas, residuos peligrosos, etc.). Entre ellos, los residuos de relaves presentan el mayor riesgo, ya que constituyen una operación que implica la disposición de subproductos del proceso minero y, según la tecnología empleada, pueden contener concentraciones elevadas de elementos y compuestos con impactos irreversibles en la

salud, calidad de vida y el ecosistema de las personas expuestas (Jorquera, 2019). Las propiedades de los residuos de relaves están vinculadas a la accesibilidad para los trabajadores, el equipo de transporte minero y/o las dimensiones del camión (ancho x alto) (Granados, 2022).

2.1.4.2. Problemática ambiental de los PAM

La minería abandonada conlleva consecuencias ambientales y socioeconómicas significativas, como cambios en el paisaje, la formación de depósitos de residuos, hundimientos del terreno, la combustión espontánea del carbón en estos depósitos, la contaminación del agua, el abandono de campamentos e instalaciones, y la pérdida de vegetación. Estas minas se convierten en fuentes de contaminación para aguas superficiales, subterráneas y del suelo, incluyendo la filtración de ácidos, el lavado de metales, la acumulación de sedimentos y la contaminación por hidrocarburos (Arango & Olaya, 2012). La minería deja el suelo inapropiado para el crecimiento de las plantas, lo que resulta en paisajes deforestados que dificultan la regeneración de la vegetación nativa y colonizadora, transformando las minas abandonadas en entornos inhóspitos para la vida silvestre. A pesar de los esfuerzos para abordar los impactos ambientales, la informalidad en la minería sigue siendo un problema considerable, dando lugar a la implementación de políticas de formalización. No obstante, los problemas ambientales asociados a la minería no han disminuido en las últimas dos décadas, y las políticas de adecuación y manejo ambiental (PAM) presentan desafíos significativos incluso después de once años de su implementación (Morche & Winkelmann, 2017).

2.1.4.3. Cierre de PAMs

El gobierno peruano implementa acciones de remediación para los Proyectos de Adecuación y Manejo Ambiental (PAM) cuando los operadores no pueden ser identificados, excepto en casos en que el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) considere que existe un alto riesgo y los encargados de la remediación no hayan llevado a cabo las acciones necesarias en las áreas afectadas o hayan demostrado negligencia repetida en la ejecución del Plan de Cierre Ambientalmente Responsable (PCAM)

(Chappuis, 2020). Se estipula que una compañía minera tiene la posibilidad de detener temporalmente sus operaciones, siempre y cuando cuente con la autorización del organismo regulador y apruebe un plan de cierre temporal. La suspensión de las actividades mineras puede generar impactos que deben ser manejados conforme a decisiones fundamentadas (Díaz & Delgado, 2021). En el artículo 34, se describe la preparación de un detallado plan de cierre a nivel de viabilidad, que incorpora los resultados de los estudios efectuados durante las fases finales de la planificación y diseño del proyecto. Este plan aborda las medidas correctivas propuestas, las actividades de desmantelamiento y las proyecciones de costos para las labores de atención y mantenimiento posteriores al desmantelamiento (A. Fernández, 2019).

2.1.5. REVEGETACIÓN EN SUELOS IMPACTADOS POR ACTIVIDADES MINERAS

La recuperación de zonas impactadas por actividades mineras no gestionadas, como depósitos de residuos o desechos mineros, tiene como objetivo primordial disminuir la probabilidad de contaminación y erosión del suelo causadas por la filtración de metales pesados en dichas áreas (Peña, 2021). El éxito de este procedimiento radica en la selección adecuada de especies vegetales y consideraciones climáticas para lograr una cobertura total de la zona afectada. La investigación sobre la diversidad de la flora en bosques tropicales húmedos ha enriquecido la comprensión científica al resaltar la extraordinaria biodiversidad presente en estos ecosistemas. Estos bosques albergan más especies arbóreas por unidad de superficie en comparación con otros tipos de vegetación, además de exhibir una notoria diversidad en especies no arbóreas del sotobosque (J. Fernández, 2021). La plantación de árboles en zonas como la cobertura de roca estéril y el suelo vegetal tiene como meta reducir el riesgo de erosión y contaminación por lixiviados, incorporando estas acciones de manera armoniosa con el entorno ecológico y paisajístico preexistente (ver la Figura 2). El objetivo principal es alcanzar una cobertura total del 100% en estas áreas tratadas, y la eficacia de la aplicación está condicionada por el clima y la evapotranspiración, que actúa como un medio de control de la lixiviación (Guerrero, 2017).

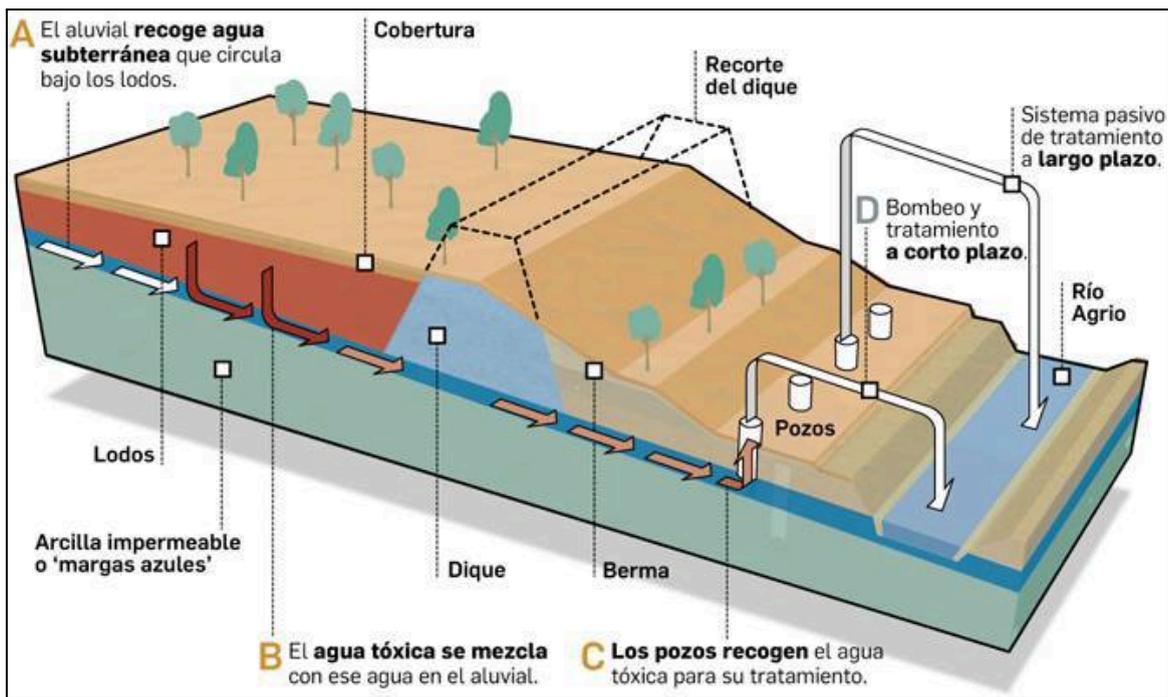


Figura 02: Proceso de revegetación de pasivos ambientales mineros.

Fuente: (Pérez, 2018).

2.1.6. IMPACTO AMBIENTAL

El Ministerio del Ambiente define el impacto ambiental como cualquier modificación inherente, ya sea positiva o negativa, en los factores ambientales que resultan de la actividad humana (Estela, 2022). Esta noción se ocupa de las consecuencias de las acciones humanas en el entorno, abarcando tanto los resultados de fenómenos naturales catastróficos con beneficios limitados (ver la Figura 3). Técnicamente, implica un cambio en la situación inicial debido a la intervención humana o eventos naturales. Las actividades humanas, motivadas por diversos objetivos, pueden generar impactos secundarios en el entorno natural o social (Barrera, 2018). En un contexto más abarcador, se hace referencia a la alteración o transformación de un entorno o sus elementos, condicionada por la magnitud y complejidad definidas, y afectada por acciones o actividades humanas, tales como proyectos de ingeniería, programas, planes o iniciativas de gestión (Soriano et al., 2015).

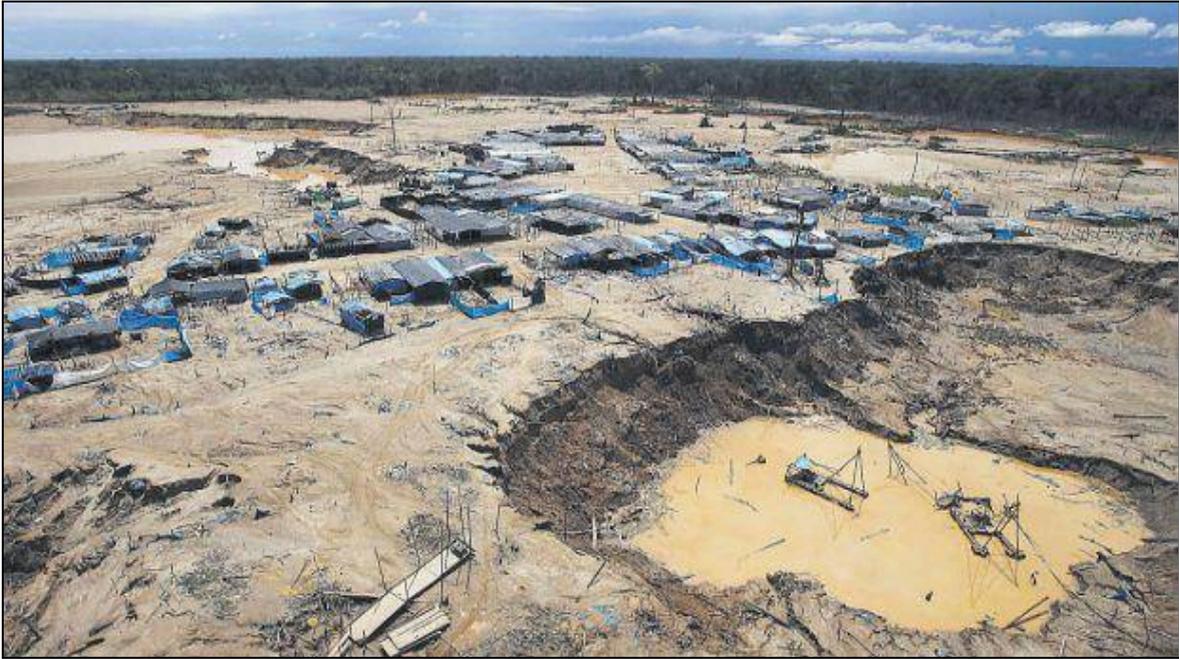


Figura 03: Principales daños que genera la minería ilegal en el Perú.

Fuente: (UPN, 2016).

2.2. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

Remediación: Actividad o conjunto de acciones realizadas en una zona contaminada con la finalidad de reducir o eliminar la presencia de contaminantes, con el propósito de asegurar la protección de la salud humana y la integridad de los ecosistemas (MINAM, 2016).

Plan de Manejo Ambiental (PMA): Documento creado a partir de una evaluación ambiental, que detalla de manera específica las acciones que se llevarán a cabo con el fin de prevenir, disminuir, restaurar o compensar los impactos negativos causados por la ejecución de un proyecto, obra o actividad. Incluye planes relacionados con aspectos como las interacciones comunitarias, supervisión, medidas de contingencia y cese, adaptándose a la naturaleza particular del proyecto, obra o actividad (MINAM, 2016).

Relave: Material con contenido mineral, subproducto o residuo de actividades anteriores, también denominado como "colas" (MINAM, 2016).

Estándar de Calidad Ambiental (ECA): Estándar que establece el nivel de concentración o cantidad de elementos, sustancias o características físicas, químicas y

biológicas en el aire, agua o suelo, considerándolos como los receptores ambientales. El objetivo es garantizar que dichos niveles no planteen un riesgo importante para la salud humana o el medio ambiente. La concentración o cantidad puede expresarse en términos de valores máximos, mínimos o rangos, dependiendo del parámetro en cuestión (MINAM, 2016).

2.3. MARCO TEÓRICO NORMATIVO

2.3.1. LEY GENERAL DEL AMBIENTE - LEY N° 28611

Esta legislación constituye el fundamento esencial en términos de normativa legal para la gestión ambiental en el país. Establece principios y directrices con el objetivo de asegurar el ejercicio efectivo del derecho a un entorno sin contaminación y saludable para todas las formas de vida. Con la finalidad de cumplir con los estándares y principios establecidos en esta ley, se proporcionan directrices para la implementación de instrumentos de gestión ambiental (IGA), promoviendo la responsabilidad en todas las actividades económicas, ya sea llevadas a cabo por personas naturales o jurídicas. Esto implica la adopción de medidas para reducir o eliminar por completo posibles impactos negativos en el medio ambiente que puedan surgir durante dichas actividades.

2.3.2. LEY QUE REGULA LOS PASIVOS AMBIENTALES DE LA ACTIVIDAD MINERA - LEY N° 28271

El propósito de esta ley es regular diversos aspectos, como la identificación, la elaboración de planes de cierre, la asignación de presupuestos para la remediación, la búsqueda de responsables, entre otros, en relación con las áreas afectadas por depósitos de residuos mineros e instalaciones mineras abandonadas. Todo esto se realiza con el objetivo de reducir, mitigar o compensar los impactos negativos causados al medio ambiente, así como a la flora, fauna y propiedad.

2.3.3. LEY ORGÁNICA DE MUNICIPALIDADES - LEY N° 27972

Esta regulación se aplica a la Municipalidad Provincial de Ananea, y dentro de sus funciones designadas se encuentra la tarea de establecer las condiciones que estén en consonancia con el propósito de elevar la calidad de vida de los habitantes.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

- La propuesta de un plan de revegetación para remediar los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno 2023 será un instrumento de gestión para mitigar los impactos negativos al medio ambiente.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Un diagnóstico adecuado facilitará la identificación de las áreas afectadas por la actividad del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno.
- Las especies nativas de ichu (*Stipa ichu*) de la región Puna son las más indicadas para una propuesta de revegetación de los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno.
- Las estrategias más adecuadas para una propuesta de revegetación y remediación de los Pasivos Ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla serán usando semillas o esquejes con alta densidad de especies adaptadas a la zona durante los periodos de lluvia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. UBICACIÓN DE ÁREA DE ESTUDIO

El proyecto minero AFC-14 Pampilla – Chaquiminas, esta se encuentra en el distrito de Ananea, provincia de San Antonio de Putina, departamento de Puno, a una altitud de 4610.00 msnm, la coordenada UTM es la siguiente: Este: 438900.47, Norte: 8378188.23.

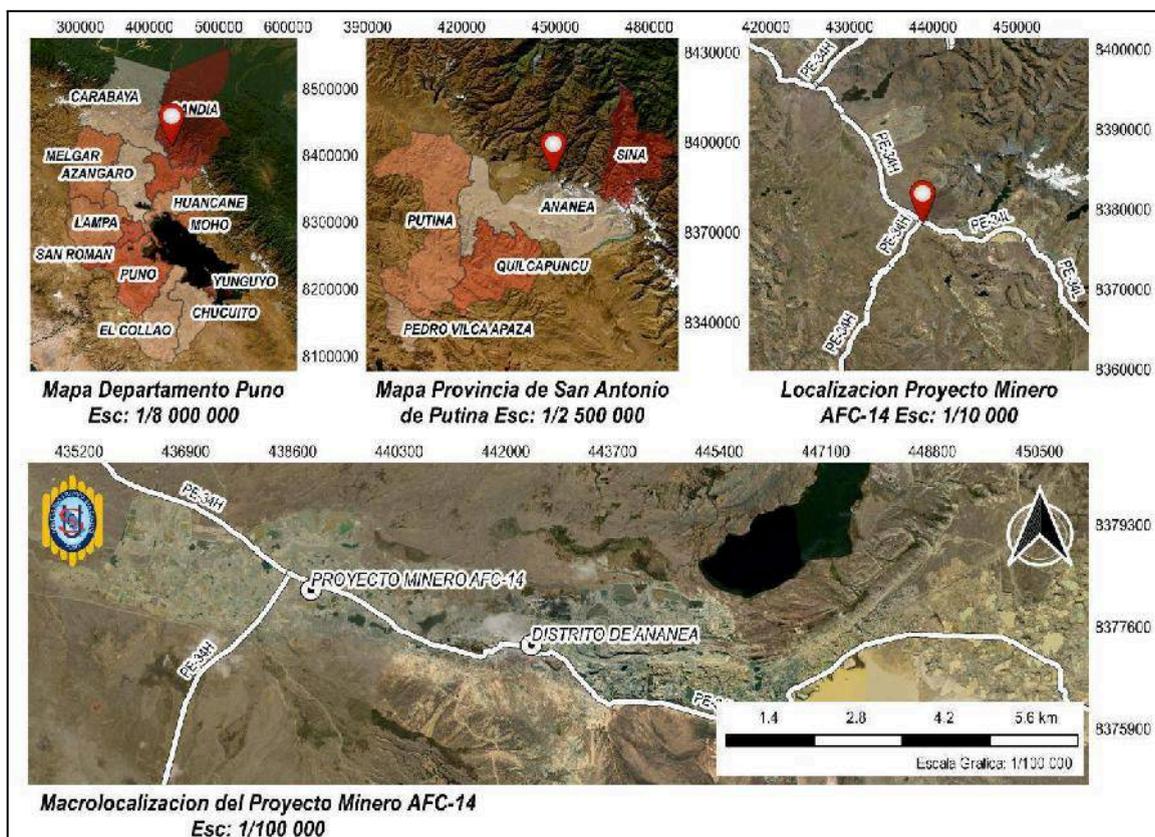


Figura 04: Mapa de Ubicación del Proyecto Minero AFC-14 Pampilla – Chaquiminas.

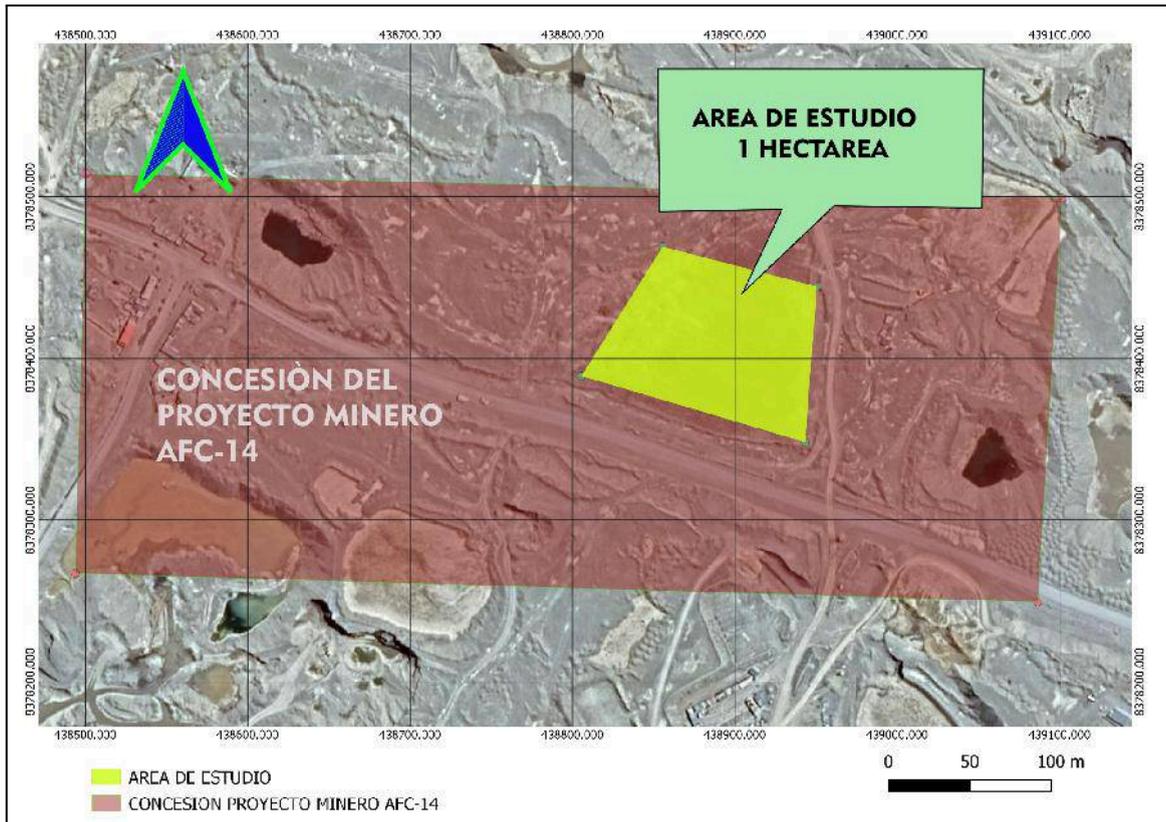


Figura 05: Ubicación del área de estudio para la propuesta de revegetación.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Esta investigación se realizó en el sector la Pampilla Chaquiminas, este está comprendido por 10 cooperativas las cuales pertenecen al sector ya mencionado anteriormente, teniendo un área de 2000 Ha aproximadamente, estas cooperativas en sus denuncias cuentan con varios pasivos ambientales ocasionados por los distintos procesos de extracción minera a tajo abierto.

3.2.1. MUESTRA

La muestra del presente estudio de investigación es una de las zonas afectadas (pasivo ambiental minero) del Proyecto Minero de AFC-14, para este estudio se tomó como muestra 01 hectárea (10000 m²) la misma que pertenece a dicho Proyecto Minero mencionado en este párrafo, la ubicación de la zona estudiada se muestra en la Figura 5.

3.3. MÉTODO Y TÉCNICAS

3.3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este estudio es de tipo descriptivo, ya que se centra en proporcionar un análisis detallado mediante la revisión de datos e investigación respaldada por información de fuentes bibliográficas e investigaciones. El objetivo principal es proponer un plan de revegetación para abordar el pasivo ambiental asociado al proyecto minero AFC-14 Pampilla, específicamente en áreas de suelos degradados debido a la erosión y contaminación derivada de las actividades mineras.

3.3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación actual sobre la propuesta de revegetación se clasifica como no experimental, ya que no implica la manipulación de variables. El control sobre las variables de la investigación se llevó a cabo mediante un diseño transversal, ya que la recopilación de datos se realizó en un solo momento con el propósito de describir las variables.

3.3.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Es un enfoque deductivo que consiste en analizar y describir los problemas directamente en el lugar de ocurrencia, empleando un estudio de evaluación respaldado por la experiencia profesional y la investigación previa como base de conocimiento.

3.3.4. BASADO EN LA OBSERVACIÓN

La guía de observación se emplea como un instrumento esencial, utilizando técnicas del sistema de gestión del plan de seguridad en el trabajo. Los lineamientos de esta guía constituyen el enfoque para la gestión ambiental y cumplen con los requisitos en todas las áreas dentro de la entidad.

3.3.5. MATERIALES

Los elementos empleados en la propuesta de un plan para la revegetación del pasivo ambiental del proyecto minero AFC-14, ubicado en Pampilla – Ananea – Puno, son los siguientes:

- GPS
- Medidor de altitud
- Termómetro
- Cuaderno de apuntes
- Cámara fotográfica
- Flexómetro
- Lápiz – Lapicero
- Software Qgis
- Microsoft Excel
- Útiles de escritorio

3.3.6. DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para el primer objetivo específico: Realizar un diagnóstico para identificar las áreas afectadas

Se realizó un diagnóstico para identificar las áreas afectadas por la actividad del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea, en esta actividad se realizó una identificación in situ donde se optó por seleccionar un área de todo el proyecto minero AFC-14, la cual fue nuestra muestra para la propuesta del plan de revegetación.

Para el segundo objetivo específico: Identificar las especies nativas más adaptadas de la zona para una propuesta de revegetación de los pasivos ambientales

Se identificaron especies nativas adaptadas de la zona para una propuesta de revegetación de los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea, dicha identificación se realizó, primeramente, con la recolección de especies de plantas rastreras nativas existentes en el distrito de Ananea, para posteriormente elaborar un herbario y así procesar en gabinete cuál es la especie más adecuada a utilizar en la revegetación.

Para el tercer objetivo específico: Proponer las estrategias más adecuadas para la revegetación y remediación de los pasivos ambientales

Se elaboró una propuesta en base a estrategias más adecuadas para una propuesta de revegetación para la remediación del Pasivo Ambiental del proyecto minero AFC-14, pampilla, esta propuesta se elaboró teniendo en cuenta normativas vigentes que regulan el sector ambiental y minero; **Ley General del Ambiente - Ley N° 28611**, esta es la norma principal en cuanto a materia legal se refiere para la gerencia ambiental en el país, esta establece principios y lineamientos que regulan el ejercicio efectivo del derecho a un ambiente libre de contaminación y saludable para los seres vivos; **Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera - Ley N° 28271**, esta ley tiene como objetivo reglamentar la identificación de planes de cierre, presupuesto para remediación, búsqueda de responsables, etc. de las zonas que fueron impactadas por relaves e infraestructuras mineras abandonadas (pasivos ambientales mineros), todo esto para reducir, mitigar o compensar los impactos negativos causados al medio ambiente (flora, fauna y propiedad) y por último la **Ley orgánica de Municipalidades - Ley N° 27972**, esta involucra a la municipalidad del distrito de Ananea que dentro de sus funciones establecidas se encuentra la de generar las condiciones que se enmarquen dentro del contexto de mejorar la calidad de vida del ciudadano, para así promover el desarrollo económico local.

3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

La detección de variables en este plan propuesto para la revegetación del pasivo ambiental del proyecto minero AFC-14, situado en Pampilla – Ananea – Puno, se realizó considerando las variables a medida que avanzaba el proceso y dependiendo de la información recopilada. Estas variables fueron luego identificadas como:

Tabla 01: Operacionalización de variables.

Variable	Indicadores	Instrumentos
Independiente Diagnóstico	Temperaturas grado de erosión suelos Identificación de especies nativas. Condiciones meteorológicas. Ubicación. Altitud	Registros meteorológicos Registro de observación Ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera - Ley N° 28271 GPS
Dependiente Plan de Revegetación del suelo (pasivo ambiental)	Especies vegetales Método y densidad de siembra Sistema de siembra.	Fuentes botánicas Bibliografía

3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

Esta investigación se clasifica como descriptiva con un diseño no experimental. Su objetivo es identificar y analizar los elementos relacionados con la propuesta de un plan de revegetación para abordar el pasivo ambiental del proyecto minero AFC-14, ubicado en Pampilla – Ananea – Puno. El enfoque incluye la realización de un diagnóstico para identificar las áreas afectadas, la identificación de especies nativas más adaptables en la zona para la revegetación propuesta, y la formulación de estrategias adecuadas para la revegetación y remediación.

Adicionalmente, el enfoque de la investigación es deductivo, buscando describir los problemas en el lugar mediante un estudio de diagnóstico respaldado por conocimientos previos, incluyendo la experiencia profesional y la investigación previa.

El estudio descriptivo se llevó a cabo utilizando la herramienta de Excel con el fin de cuantificar y especificar los datos recopilados.

CAPÍTULO IV

EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. DIAGNÓSTICO PARA IDENTIFICAR LAS ÁREAS AFECTADAS POR LA ACTIVIDAD DEL PROYECTO MINERO AFC-14, PAMPILLA ANANEA - PUNO

El análisis ambiental desempeña un papel fundamental en comprender de manera integral los impactos generados por la actividad minera en la zona de investigación. Por lo tanto, se lleva a cabo una evaluación detallada con el fin de identificar y valorar las áreas afectadas por el proyecto minero AFC-14 en la localidad de Pampilla, Ananea, en la región de Puno. Este procedimiento constituirá una base sólida para la formulación posterior de estrategias destinadas a mitigar y rehabilitar el entorno ambiental. Se integran los siguientes pasos en el diagnóstico destinado a identificar las áreas impactadas por el proyecto minero AFC-14:

4.1.1. REVISIÓN DE DOCUMENTACIÓN

La extensión del proyecto minero AFC-14 abarca 14.9923 hectáreas y está situado en la región conocida como Pampilla, con altitudes que oscilan entre 4700 m.s.n.m. y 4880 m.s.n.m. Su ubicación política se especifica en la Tabla 2.

Tabla 02: Ubicación política del proyecto minera AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno.

Ubicación	
Paraje	: Pampilla
Distrito	: Ananea
Provincia	: San Antonio de Putina
Departamento	: Puno
Región	: Puno

Fuente: (Sanchez, 2018).

Los datos indicados son los que se encuentran en el Expediente Técnico y el instrumento de Gestión Ambiental Correctivo, estos documentos son los que emana la autoridad minera regional. En la Tabla 3 se describen los datos generales del proyecto (Sanchez, 2018).

Tabla 03: Datos generales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea – Puno.

Datos	
Concesión Minera	: AFC - 14
Código	: 010161106G
Razón Social	: Isidro Calizaya López
DNI	: 02391867
Inicio de Operaciones	: R. D. N° 102-2014-GRP-DREM/PUNO/D
Clasificación Ambiental	: Instrumento de Gestión Ambiental Correctivo (IGAC)
Resolución de aprobación	: R. D. N° 318-2013-GRP-DREM/PUNO/D
Paraje	: Pampilla
Distrito	: Ananea
Provincia	: San Antonio de Putina
Departamento	: Puno
Altitud	: 4700 - 4880 m.s.n.m.

Fuente: (Sanchez, 2018).

El tiempo de viaje desde la ciudad de Puno hasta el proyecto minero es de alrededor de 3 horas y 15 minutos. El recorrido se realiza por una carretera pavimentada que atraviesa

Juliaca y Putina hasta llegar al desvío Chaquiminas, continuando luego por una carretera de superficie afirmada hasta llegar al proyecto. En la Tabla 4, se representan las rutas de acceso.

Tabla 04: Acceso al proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea – Puno.

Tramos	Distancia (km)	Tipo Vía	Tiempo	Condición
Puno – Juliaca	43	Asfaltada	45 minutos	Regular
Juliaca – Putina	90	Asfaltada	1 hora	Regular
Putina – Chaquiminas	60	Asfaltada	1 h y 10 min	Regular
Chaquiminas – Operación minera	02	Asfaltada	15 minutos	Regular
Total:	195		03 h 10 min	

Fuente: (Sanchez, 2018).

4.1.2. MAPEO DEL ÁREA DEL PROYECTO

El proyecto minero AFC-14, se encuentra ubicado en las siguientes coordenadas como se observa en la Tabla 5.

Tabla 05: Coordenada UTM WGS 84, de la concesión AFC-14, Pampilla – Ananea – Puno.

N°	Derecho minero	Vértices	Coordenada UTM	
			Norte	Este
01	AFC-14	V-1	8 378,889.60	438,687.32
		V-2	8 378,872.27	439,287,11
		V-3	8 378,622.37	439,279.77
		V-4	8 378,639.99	438,680.02

Fuente: IGAC AFC-14.

Asimismo, la ubicación del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea – Puno, se muestra en la Figura 4 y Figura 5.

4.1.3. IDENTIFICACIÓN DE ACTORES INVOLUCRADOS

La identificación de actores involucrados en el proyecto minero como AFC-14 Pampilla puede variar según la complejidad y el alcance del proyecto. Aquí se describe una lista general de los actores involucrados del proyecto minero:

a. Empresa Minera:

- Junta directiva y altos ejecutivos.
- Gerentes y directores de proyecto.
- Ingenieros y personal técnico.
- Personal de operaciones y mantenimiento.

b. Gobierno y Reguladores:

- Autoridades gubernamentales locales y nacionales.
- Agencias reguladoras ambientales y mineras.

c. Comunidades Locales:

- Residentes locales y comunidades cercanas.
- Líderes comunitarios y organizaciones locales.

d. Inversionistas y Financieros:

- Inversionistas privados y fondos de inversión.
- Bancos y entidades financieras.

e. Contratistas y Proveedores:

- Empresas contratistas para la construcción y operación.
- Proveedores de equipos y servicios.

f. Medios de Comunicación:

- Periodistas y medios de comunicación locales y nacionales.

g. Consultores y Asesores:

- Empresas consultoras ambientales y técnicas.
- Asesores legales y financieros.

h. Organizaciones Ambientales:

- Grupos ambientalistas y organizaciones no gubernamentales (ONG) relacionadas con la protección del medio ambiente.

i. Trabajadores y Sindicatos:

- Empleados de la mina.
- Representantes sindicales y líderes laborales.

j. Instituciones Educativas:

- Instituciones académicas y de investigación que pueden estar involucradas en programas de capacitación y desarrollo.

Los socios y empleados vinculados al Proyecto Minero AFC-14, Pampilla, residen en el Distrito de Ananea, eligiendo este lugar debido a su proximidad a las áreas de la concesión minera. Esta elección les proporciona comodidades en términos de servicios esenciales como electricidad, agua, desagüe, teléfono, radio comunicación, televisión y transmisión de radio en AM y FM. Además, se benefician del acceso a una vía asfaltada que conecta los pueblos de Ananea y Juliaca.

Es fundamental este análisis detallado del entorno para identificar a todos los actores relevantes y comprender sus roles e intereses en el proyecto minero AFC-14 Pampilla. Además, la dinámica y los actores pueden cambiar con el tiempo, por lo que es importante mantener una comunicación abierta y gestionar las relaciones con cada uno de ellos a lo largo del desarrollo del proyecto.

4.1.4. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Es crucial integrar en el proyecto minero actual tanto las variables que representan las características específicas de las áreas involucradas como aquellas variables que podrían ser alteradas de manera más o menos significativa debido a las operaciones del proyecto minero. En este contexto, se han identificado los siguientes factores ambientales que podrían sufrir impactos en diversos aspectos, como el físico, biológico, socioeconómico, cultural e interés humano.

4.1.4.1. Matriz de identificación

En la valoración de los impactos ambientales derivados de las actividades del proyecto minero, se empleó el método de Análisis Matricial Causa-Efecto como enfoque para identificar dichos impactos. Cada casilla indicada en la matriz tiene asignada una evaluación ponderada que puede ser positiva o negativa. La matriz resultante exhibe una serie de valores que facilita la identificación de los impactos principales que una acción específica puede provocar en algún elemento del entorno (Catacora, 2015). Las

categorías de impactos se han estructurado de acuerdo con una escala de clasificación convencional, y la Tabla 6 presenta estas categorías de impactos.

Tabla 06: Categorías de valoración de impactos.

Valores	Descripción	
1	Mínimo o Leve	
2 – 3	BaJo o Leve a Moderado	
4 – 6	Medio o Moderado	
7 – 8	Alto o Grave	
9 – 10	Muy Alto o Muy Grave	

Fuente: (Choque, 2019).

La matriz de evaluación de impactos según los procedimientos detallados, conforme al enfoque metodológico de la Matriz de Leopold.

4.1.4.2. Impactos ambientales positivos

- a. **Impulso al comercio local:** El aumento en la demanda de bienes y servicios, asociado a las necesidades de abastecimiento durante la ejecución del proyecto de extracción de material aurífero de la concesión minera AFC-14 genera un incremento en la actividad comercial. En términos generales, este aumento se mantendrá durante el período de operación del proyecto y, considerando la estructura comercial local, se ha calificado como de pequeña magnitud, con influencia zonal y baja significancia; no obstante, no deja de ser relevante (Catacora, 2015).
- b. **Mejora en la capacidad adquisitiva:** La contratación de personal y las operaciones de suministro de bienes y servicios requeridos por las actividades del proyecto minero permiten elevar los niveles de ingresos de la población vinculada directa o indirectamente a dichas labores (Catacora, 2015).

4.1.4.3. Impactos ambientales negativos

a. Impactos ambientales negativos en el medio físico

- **Alteración de aguas superficiales:** Existe la posibilidad de que la escorrentía se vea afectada, especialmente durante épocas de estiaje, sin considerar el comportamiento de la zona en épocas de lluvia. Este problema surge debido a la acumulación de materiales durante la ejecución del proyecto de extracción de material aurífero del proyecto minero AFC-14 (Catacora, 2015). La calidad del agua se vería afectada por acciones como el lavado de material durante la explotación, el vertido de materiales y desperdicios al río aumentando los sólidos en suspensión, y el vertido accidental de grasas e hidrocarburos en la maestranza, así como las aguas servidas de los campamentos o instalaciones sanitarias con descarga directa a los ríos (Cuentas et al., 2019) . Dadas estas consideraciones, este impacto podría ser categorizado como de moderada magnitud, alta probabilidad de ocurrencia, influencia zonal, duración moderada y con alta posibilidad de aplicación de medidas de mitigación, siendo, por tanto, de moderada significancia.
- **Alteración de la calidad del suelo:** Existe la posibilidad de alterar la calidad del suelo debido a derrames de combustible, grasa y aceite en las áreas donde opera la maquinaria pesada durante la extracción y disposición de materiales residuales, así como en las áreas de almacenamiento de combustible, entre otros (Catacora, 2015).
- **Modificación del relieve:** Las depresiones generadas por la extracción de materiales del yacimiento aurífero del proyecto de Explotación, el proyecto minero AFC-14 Pampilla, afectan el relieve en los tajos y frentes de minado. Este impacto también es evidente en los desvíos temporales y en los botaderos generados por la extracción de material y la acumulación de materiales con un impacto visual variable entre moderado y bajo. La magnitud es puntual, la duración es moderada, hay una alta posibilidad de aplicar medidas de mitigación y la significancia varía entre moderada y baja (Catacora, 2015).

b. Impactos negativos en el medio biológico

- **Impactos de la cobertura vegetal (flora):** Durante las operaciones de ejecución de campamentos, desvíos temporales y extracción de mineral de los tajos, se ha producido un impacto en la cobertura vegetal, siendo este de baja magnitud moderada, con posibilidad de aplicar medidas de mitigación, incidencia puntual y baja significación (Catacora, 2015).
- **Impactos de la fauna local:** Las operaciones de ejecución de campamentos, desvíos temporales y extracción de material de canteras y tajos durante el desplazamiento de la maquinaria causan perturbación en la fauna local. Se estima que el aumento de la presencia humana y de maquinarias provoca una mínima perturbación en la fauna, ya que se generan eventos migratorios considerables sólo durante el transporte del mineral. Debido a la pequeña dimensión de las áreas a intervenir en relación con la amplitud del ecosistema en este sector de la puna, se prevé que este impacto sea de magnitud variable entre moderada y baja, con alta posibilidad de aplicación de medidas de mitigación y significancia variable entre moderada y baja (Catacora, 2015).

c. Impactos negativos en el aspecto social

- **Afectación de la salud de la población local:** La salud de los habitantes de las localidades situadas en la zona de influencia del proyecto, especialmente en un número reducido de caseríos aislados a lo largo de la vía, no se ve perjudicada por la posible emisión de material particulado durante las actividades de movimientos de tierra (corte y relleno) y transporte. Estos eventos no afectan la salud de los residentes cercanos. En base a estas consideraciones, se ha categorizado este impacto como de magnitud variable, oscilando entre moderada y baja, con una alta probabilidad de aplicar medidas de mitigación y una significancia que varía entre moderada y baja (Catacora, 2015).
- **Afectación de la salud del personal de obra:** Dado que no existe población en las áreas cercanas al proyecto minero, el riesgo de ocurrencia de este impacto recae exclusivamente en el personal de obra. En términos generales, este impacto se ha

evaluado como de magnitud variable entre moderada y alta, con una probabilidad elevada de ocurrencia, alta posibilidad de implementar medidas de mitigación y una significancia que varía entre moderada y alta (Catacora, 2015).

- **Afectación de la seguridad pública:** Este impacto se refiere a la posibilidad de accidentes causados por el desplazamiento de maquinaria pesada, afectando la seguridad física de los habitantes de los poblados dentro del área de influencia del proyecto minero. Se ha calificado este impacto como de magnitud moderada, con posibilidad de aplicación de medidas de mitigación y significancia moderada (Catacora, 2015).

4.1.5. ESTUDIO SOCIOECONÓMICO

Las residencias en la parte urbana del pueblo de Ananea están construidas conforme al plano catastral, distribuyendo adecuadamente con calles, jirones, parques y complejos recreativos. Se emplean diversos materiales en sus construcciones, tales como concreto, piedra pizarra y techos de calamina, entre otros. En contraste, en la zona rural, las viviendas se encuentran dispersas, caracterizándose por construcciones rústicas con techos de paja, paredes de piedra pizarra, terrones, cimientos de piedra y pisos de tierra. La disposición y diseño de estas viviendas son precarios, evidenciando claramente problemas de hacinamiento (Catacora, 2015).

En cuanto al material predominante en las paredes de las viviendas, según el censo del INEI en 2007, el 26.14% corresponde a piedra con barro, el 8.48% a ladrillo o bloque de cemento, y el 65.38% a otros materiales.

La principal fuente de empleo en el distrito de Ananea es el trabajo no calificado en la minería o actividades relacionadas, representando un 82.07% de la fuerza laboral. Según el Censo Nacional 2007, XI de Población y VI de Vivienda, otras actividades económicas, como la agricultura, el sector agropecuario, pequeños trabajadores de servicios y vendedores, constituyen el 15.30%, seguidas por las labores de técnicos de nivel medio, profesionales y jefes de oficina con un 2.48%. Las ocupaciones de servicios personales representan el 0.15% (Catacora, 2015).

En cuanto a los jefes de familia en el distrito de Ananea, el 25.99% se desempeñan como obreros en la minería, construcción, manufactura e industrias, mientras que el 69.57% trabajan en servicios no calificados y comercio. Un 1.81% se dedica a la agricultura, el 2.48% son técnicos de nivel medio, y un 0.15% realiza otras ocupaciones.

4.1.6. MONITOREO CONTINUO

Se describe algunas prácticas generales que se implementaron en el monitoreo continuo del proyecto minero para garantizar el cumplimiento de normativas ambientales y sociales:

a. Monitoreo ambiental:

- Evaluación constante de la calidad del aire, agua y suelo.
- Supervisión de los niveles de ruido y vibraciones.
- Control de emisiones de polvo y gases.
- Monitoreo de la biodiversidad y áreas protegidas.

b. Gestión de residuos:

- Seguimiento del manejo de residuos sólidos y líquidos.
- Verificación del cumplimiento de normativas para la disposición de desechos.
- Evaluación de impactos en la salud humana y ambiental.

c. Participación comunitaria:

- Diálogo constante con las comunidades locales.
- Evaluación de percepciones y preocupaciones de los residentes.
- Implementación de programas de responsabilidad social corporativa.

d. Seguridad y salud ocupacional:

- Monitoreo de condiciones laborales y seguridad en el lugar de trabajo.
- Evaluación continua de riesgos y medidas de mitigación.
- Garantía del cumplimiento de normativas de salud ocupacional.

e. Cumplimiento normativo:

- Revisión constante de la conformidad con regulaciones ambientales y de minería.
- Aseguramiento de la documentación y reportes requeridos.

Es fundamental que la empresa minera establezca un plan de monitoreo específico adaptado a las características del proyecto y las regulaciones locales. Además, la transparencia y la comunicación abierta con las partes interesadas, incluidas las comunidades locales, son esenciales para el éxito a largo plazo del proyecto y para mitigar cualquier impacto negativo.

El presente estudio ha culminado con éxito el diagnóstico integral destinado a identificar las áreas afectadas por la actividad del proyecto minero AFC-14 en la localidad de Pampilla, Ananea, Puno. Este proceso de investigación ha implicado un análisis detallado de diversos aspectos que abarcan desde el entorno medioambiental hasta los impactos socioeconómicos generados por la mencionada actividad minera.

En la fase de diagnóstico ambiental, se ha llevado a cabo una evaluación exhaustiva de los recursos naturales presentes en la zona, considerando la calidad del agua, la biodiversidad, los suelos y el aire. Los resultados obtenidos han permitido identificar las áreas específicas que experimentan alteraciones significativas debido a la actividad minera, proporcionando así una base sólida para la implementación de medidas correctivas y de mitigación.

Adicionalmente, se ha realizado un análisis detallado de los impactos socioeconómicos del proyecto minero AFC-14 en la comunidad local de Pampilla. Esto incluyó la evaluación de cambios en el empleo, la infraestructura, la salud y la educación. Los resultados de este análisis han arrojado una comprensión integral de cómo la actividad minera ha afectado directa e indirectamente a la población, permitiendo la identificación de áreas que requieren intervenciones específicas para mejorar el bienestar de la comunidad.

En términos de metodología, se emplearon herramientas científicas y técnicas avanzadas, incluyendo estudios de muestreo, análisis geoespaciales y entrevistas con la comunidad local. La combinación de estos métodos ha fortalecido la validez y la fiabilidad de los resultados obtenidos, proporcionando así una base robusta para la toma de decisiones y la implementación de estrategias de gestión ambiental y social.

Este diagnóstico ha logrado identificar de manera precisa las áreas afectadas por el proyecto minero AFC-14 en Pampilla – Ananea - Puno, brindando información valiosa para la planificación de medidas correctivas y la implementación de estrategias sostenibles. Este trabajo contribuye significativamente al entendimiento de los impactos de la actividad minera en entornos locales y sienta las bases para futuras investigaciones y acciones de gestión ambiental y social en proyectos similares.

4.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES NATIVAS MÁS ADAPTADAS DE LA ZONA PARA UNA PROPUESTA DE REVEGETACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES DEL PROYECTO MINERO AFC-14, PAMPILLA – ANANEA – PUNO

Para realizar un análisis de la situación actual en el área circundante, es esencial evaluar las condiciones ambientales que pueden estar siendo afectadas por la operación del Proyecto Minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno. Por lo tanto, es necesario obtener información precisa sobre los elementos involucrados dentro del espacio impactado. La elaboración de la descripción del entorno físico implica considerar aspectos como la topografía y fisiografía de la región, la geología, las características del suelo, el uso actual de la tierra, el clima la meteorología, la hidrografía, la calidad del aire, el ruido ambiental, así como la calidad del agua y del suelo.

La revegetación de áreas afectadas por la actividad minera es esencial para restaurar y preservar la biodiversidad y la estabilidad ecológica. En el caso del proyecto minero AFC-14 en Pampilla – Ananea - Puno, se debe llevar a cabo una cuidadosa identificación de especies nativas adaptadas a la zona. Aquí se presenta un enfoque general:

4.2.1. DESCRIPCIÓN DEL MEDIO FÍSICO

4.2.1.1. Identificación del ámbito de impacto del proyecto

El ámbito de impacto del Minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno abarca la parte del territorio donde se llevan a cabo las operaciones de la actividad en curso, incluyendo también la zona circundante que podría verse afectada de alguna manera. La extensión del área de influencia del Proyecto es variable, ya que depende de la distribución espacial (amplitud geográfica) de los posibles impactos y de las medidas de mitigación que se

implementen (Catacora, 2015). En el área de influencia ambiental del estudio, se distinguen dos categorías: el área de influencia directa y el área de influencia indirecta. La delimitación del área de influencia ambiental se representa de la siguiente manera:

a. Área de influencia directa ambiental

Se define como el área de influencia directa ambiental a la zona correspondiente a los componentes del entorno afectados directamente por las instalaciones y actividades del proyecto. La determinación del alcance de estos componentes se realiza mediante la superposición del Proyecto Minero sobre el entorno geográfico (Catacora, 2015).

b. Área de influencia indirecta ambiental

El área de influencia indirecta ambiental se relaciona con los impactos indirectos del Proyecto Minero y abarca un ámbito geográfico más extenso. En esta zona, las características físicas y biológicas se ven afectadas de manera indirecta por el funcionamiento de la mina (Catacora, 2015).

4.2.2. CLIMA

La región presenta un clima frío, seco y semiárido, marcado por la presencia de una temporada de lluvias y otra de sequía (Catacora, 2015). Este tipo de clima se encuentra en las elevaciones más altas, caracterizado por la presencia constante de nieves, típico de las áreas de altas cumbres. Se observan glaciares permanentes y un deshielo parcial de la nieve. Las temperaturas son extremadamente bajas, especialmente durante la temporada invernal. Desde abril hasta noviembre, el clima es seco, pero entre diciembre y marzo se experimenta un período lluvioso con precipitaciones intensas

En la estación meteorológica de Ananea, la cantidad mensual promedio de precipitación varía entre 12.5 mm y 630.4 mm, con un promedio mensual de 245.9 mm. La precipitación total anual en la estación Ananea fluctúa entre 528.7 mm y 637.7 mm, con un promedio anual de 590.2 mm (Quispe, 2021).

4.2.3. TEMPERATURA

La temperatura de esta región se muestra poco propicia, ya que durante los meses de otoño e invierno las temperaturas caen a niveles inferiores a 0°C. La temperatura

promedio anual es de 4.3 °C, siendo las temperaturas más altas registradas en los meses de abril y mayo con 10.9°C, mientras que las más bajas se experimentan en julio con -3.7°C. (Loaiza & Galloso, 2008).

4.2.3.1. Dirección y velocidad del viento

El viento se refiere al desplazamiento del aire en dirección horizontal a lo largo de la superficie terrestre. Este movimiento es consecuencia de las variaciones de presión y temperatura entre diferentes áreas, ya que el viento busca igualar las zonas de alta y baja presión. Dos parámetros fundamentales asociados al viento son su velocidad, que indica si es fuerte o débil según la escala de Beaufort, y su dirección (Catacora, 2015).

La dirección del viento presenta una trayectoria multidireccional, con un vector resultante aproximado de 9°, apuntando en dirección norte (N) hacia sur (S). En la Tabla 7, se proporcionan las direcciones e intensidades del viento según la escala de Beaufort.

Tabla 07: Dirección e intensidad del viento.

Dirección del viento		Intensidad del viento		Escala de Beaufort
Desde	Hacia	Intervalo de velocidad (m/s)	Porcentaje (%)	
N	S	0.5 - 2.1	30.5	Calma
		2.1 – 3.6	25.4	Ventolina
NE	SO	0.5 - 2.1	3.4	Calma
		2.1 – 3.6	6.8	Ventolina
E	O	2.1 – 3.6	5.1	Ventolina
S	N	0.5 - 2.1	3.4	Calma
		2.1 – 3.6	18.6	Ventolina
NO	SE	0.5 - 2.1	3.4	Calma
		2.1 – 3.6	3.4	Ventolina
Total			100	

Fuente: SENAMHI.

4.2.4. SISMICIDAD

En el territorio peruano, se han designado tres zonas de actividad sísmica (Zonas I, II y III), cada una con características particulares asociadas a diversos niveles de actividad sísmica. De acuerdo con el Mapa de Zonificación Sísmica del Perú desarrollado por el Instituto Nacional de Defensa Civil – INDECI, la ubicación del Proyecto Minero se encuentra en la Zona III, clasificada como una zona de elevada actividad sísmica.

La región de Puno se encuentra en una cadena sísmica que se extiende desde la ciudad de Cuzco, atravesando las provincias de Melgar, Carabaya y Sandía, hasta llegar a la provincia de San Antonio de Putina. Otra cadena sísmica proviene de la República de Bolivia y alcanza el cerro Kapia en la provincia de Yunguyo. Finalmente, una tercera cadena sísmica se origina en el departamento de Moquegua, específicamente en los centros poblados de Titiri y Loripongo en el distrito de Pichacani – Laraqueri (Catacora, 2015)..

4.2.5. TIPO DE SUELO

Las tierras en la zona del proyecto son categorizadas de acuerdo con la Clasificación Natural de Suelos del Perú, ubicándose en la región Altoandina identificada como "Región Paramosólica". Las divisiones cartográficas constan de dos consociaciones y una asociación, y se describen de manera resumida, detallando sus características generales (Catacora, 2015).

4.2.5.1. Clasificación de las tierras según su capacidad de uso mayor

En el área del proyecto, se han reconocido las siguientes categorías de Capacidad de Uso Mayor de Suelos: "Áreas Adecuadas para Pastoreo (P)" y "Zonas de Reserva (X)", las cuales están incluidas en las siguientes agrupaciones y uniones (Catacora, 2015).

4.2.5.2. Suelos aptos para pastos y suelos de protección

Esta unión abarca suelos en la superficie que presentan una notable presencia de piedras, destacándose por su calidad agronómica limitada. Las restricciones para el desarrollo de pastizales se originan principalmente por aspectos del suelo, como su

escasa profundidad y fertilidad natural reducida, así como por factores climáticos, como descensos bruscos de temperatura ocasionados por heladas. Estos suelos están vinculados a áreas diversas distribuidas de forma indiscriminada (Catacora, 2015).

4.2.5.3. Suelos aptos para pastos

Estas tierras son propicias para la actividad de pastoreo y se extienden en la mayor parte del área de investigación, que exhibe una topografía ligeramente plana. En líneas generales, estos suelos son superficiales y están destinados al pastoreo, presentando una cubierta de pastizales naturales compuesta por especies autóctonas de baja estatura. Las restricciones para su uso abarcan aspectos relacionados con el suelo y el clima, tales como su escasa profundidad, fertilidad reducida y la presencia de heladas intensas. Como pauta para la utilización y gestión de estas tierras, se recomienda la implementación de un sistema de pastoreo rotativo, estableciendo una carga animal apropiada (Catacora, 2015).

4.2.5.4. Suelos de protección

Estas tierras engloban zonas variadas que han experimentado alteraciones a raíz de actividades mineras y, en la actualidad, se presentan como áreas con pasivos mineros inactivos. Se han realizado investigaciones geotécnicas tanto en terreno como en laboratorio con la finalidad de identificar el tipo y la calidad de los suelos existentes, considerando posibles aplicaciones futuras.

4.2.6. COBERTURA VEGETAL

De acuerdo con la observación in situ y la comparación con el mapa forestal de Perú, la vegetación identificada se clasifica como Tundra y Nival. En el caso de la Tundra, la aptitud agroforestal es bastante limitada, dado que el ecosistema está mayormente compuesto por pajonales altoandinos con una vegetación dispersa. En lo que respecta a la cobertura Nival, que está asociada a áreas cercanas a la tundra, se refiere a los ecosistemas de la zona nival, donde el potencial forestal carece completamente de valor

actual y no ofrece oportunidades para la explotación agropecuaria forestal (Quispe, 2021).

La mayor parte de la región se encuentra a altitudes superiores a 3,800 metros sobre el nivel del mar, lo que restringe el crecimiento de algunas plantas herbáceas, así como pastos naturales, progresando sólo musgos y líquenes y las especies mencionadas en la tabla 8. Durante el periodo de lluvias, se aprovechan las depresiones y laderas de las colinas para cultivar papas, cañihua, quinua, avena y arbustos dispersos como la tola, concentrándose principalmente en las áreas más bajas. Las gramíneas sólo prosperan en lugares con agua permanente, como los bofedales. El clima predominante en la zona, que alcanza los 4,000 metros, dificulta la productividad de la agricultura intensiva (Loaiza & Galloso, 2008).

La revegetación de los pasivos ambientales es un componente crucial para mitigar los impactos negativos de la actividad minera y restaurar la biodiversidad en el área afectada. Esta sección se centra en la identificación de especies nativas que demuestren una mayor adaptabilidad a las condiciones específicas de la zona del proyecto minero AFC-14 en Pampilla, Ananea, Puno (Catacora, 2015).

4.2.6.1. Caracterización de flora de vida silvestre

Se llevó a cabo una descripción de la flora de vida silvestre en dos periodos distintos. El primero durante el mes de febrero, correspondiente al periodo de lluvias, mientras que el segundo se efectuó entre los meses de abril y mayo, correspondiente al periodo de estiaje. En ambos momentos se logró distinguir la diversidad de especies, destacando los índices más altos durante el periodo lluvioso. En la Tabla 8, se describe la flora de vida silvestre.

Tabla 08: Inventario general de flora de vida silvestre en Pampilla – Ananea – Puno.

N°	Orden	Familia	Especies
1		Cactaceae	<i>Echinopsis maximiliana</i>
2	Caryophyllales	Portulacaceae	<i>Calandrinia acaulis</i>
3		Caryophyllaceae	<i>Picnophyllum molle</i>
4	Polygonales	Polygonaceae	<i>Muelembeckia sp.</i>
5	Malvales	Malvaceae	<i>Nototriche longirostris</i>
6			<i>Nototriche sp.</i>
7	Chaparrales	Brassicaceae	<i>Descurainia myriophylla</i>
8			<i>Alchemilla pinnata</i>
9	Rosales	Rosaceae	<i>Tetraglochyn alatum</i>
10			<i>Tetraglochyn strictum</i>
11	Fabales	Fabaceae	<i>Astragalus garbancillo</i>
12			<i>Astragalus spp.</i>
13	Geraniales	Geraniaceae	<i>Geranium sessiliflorum</i>
14			<i>Erodium cicutarium</i>
15			<i>Hypochaeris sp.</i>
16			<i>Hypochaeris taraxacoides</i>
17			<i>Baccharis odorata</i>
18	Asterales	Asteraceae	<i>Baccharis spp.</i>
19			<i>Parastrephia lucida</i>
20			<i>Senecio adenophyllus</i>
21			<i>Senecio sp</i>
22			<i>Gnaphalium sp</i>
23			<i>Distichia muscoides</i>
24	Juncales	Juncaceae	<i>Juncus balticus</i>
25			<i>Oxychloe andina</i>
26			<i>Bromus catharticus</i>
27			<i>Bromus pitensis</i>
28			<i>Bromus spp.</i>
29			<i>Calamagrostis breviaristata</i>
30	Cyperales	Poaceae	<i>Festuca orthophylla</i>
31			<i>Festuca rigescens</i>
32			<i>Muhlenbergia peruviana</i>
33			<i>Stipa ichu</i>
34			<i>Gramma spp.</i>

4.2.7. COBERTURA DE FAUNA

La disminución de aves a nivel local está estrechamente vinculada con la degradación de su hábitat, provocada por excavaciones, deforestación, aguas contaminadas, asentamientos humanos, y otros factores. Aunque la distribución de mamíferos a lo largo de una gradiente altitudinal en las vertientes oriental y occidental del sur del país aún no está completamente documentada, existen referencias aisladas sobre la presencia de especies indicadoras de diversos ecosistemas.

4.2.7.1. Aves

La reducción en la población de aves en la región está estrechamente vinculada a la degradación de su hábitat causada por excavaciones, deforestación, contaminación del agua, presencia de asentamientos humanos y otros factores. En la Tabla 9 se describen aves que habitan en la región minera.

Tabla 09: Inventario general de aves en Pampilla – Ananea – Puno.

Orden	Familia	Nombre científico
Tinamiformes	Tinamidae	<i>Nothoprocta pentlandii</i>
		<i>Chloephaga melanoptera</i>
Anseriformes	Anatidae	<i>Lopohoneta specularioides</i>
		<i>Anas flavirostris</i>
Ciconiiformes	Threskiornithidae	<i>Plegadis ridgwayi</i>
	Accipitridae	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>
Falconiformes	Falconidae	<i>Phalcoboenus megalopterus</i>
		<i>Falco sparverius</i>
	Charadriidae	<i>Vanellus resplendens</i>
		<i>Charadrius alticola</i>
Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Tringa flavipes</i>
		<i>Tringa melanoleuca</i>
	Laridae	<i>Thinocorus orbignyianus</i>
		<i>Chroicocephalus serranus</i>
Columbiformes	Columbidae	<i>Columba livia</i>
		<i>Metriopelia melanoptera</i>
		<i>Metriopelia aymara</i>
Strigiformes	Strigidae	<i>Athene sp.</i>
		<i>Athene cunicularia</i>
Piciformes	Picidae	<i>Colaptes rupicola</i>
		<i>Geositta punensis</i>
	Furnariidae	<i>Geositta tenuirostris</i>
		<i>Grallaria rufula</i>
Passeriformes	Grallariidae	<i>Lessonia oreas</i>
		<i>Muscisaxicola rufivertex</i>
	Tyrannidae	<i>Muscisaxicola rufivertex</i>
		Turdidae

4.2.7.2. Mamíferos

Aún en el Perú no se ha registrado la distribución de mamíferos a lo largo de una gradiente altitudinal en las vertientes occidental y oriental del sur del país (Catacora, 2015). Algunas referencias indican la presencia de especies características de

determinados ecosistemas. En la Tabla 10 se describen mamíferos que habitan en la zona minera.

Tabla 10: Inventario general de mamíferos en Pampilla – Ananea – Puno.

N°	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
1	Artiodactyla	Camelidae	<i>Vicugna vicugna</i>	Vicuña
2	Artiodactyla	Camelidae	<i>Lama pacos</i>	Alpaca
3	Artiodactyla	Camelidae	<i>Lama glama</i>	Llama
4	Carnivora	Canidae	<i>Pseudalopex culpaeus</i>	Zorro andino
5	Rodentia	Muridae	<i>Andinomys edax edax</i>	Rata andina
6	Rodentia	Muridae	<i>Akodon boliviensis</i>	Ratón campestre
7	Rodentia	Muridae	<i>Punomys lemminus</i>	Rata de puna
8	Rodentia	Muridae	<i>Mus musculus</i>	Pericote, ratón
9	Rodentia	Chinchilliidae	<i>Lagidium peruanum</i>	Vizcacha
10	Lagomorpha	Leporidae	<i>Lepus europaeus</i>	Liebre europea

4.2.8. HIDROGRAFÍA

La región se encuentra en la cuenca del río Carabaya, afluente del río Ramis, que recibe el nombre de río Grande en la zona y recoge los deshielos del nevado de Ananea y los desbordamientos de las lagunas Rinconada, Sillacunca, Huicha y Chullpacocha. Esta cuenca abarca las provincias de Sandia y Carabaya y contribuye significativamente al río Ramis, siendo un importante afluente del lago Titicaca.

4.2.8.1. Aguas superficiales

El uso del agua es esencial para diversas actividades humanas, incluyendo la minería. Un recurso vital es el manantial Qoñi Uno, ubicado a 0.5 km del Distrito de Ananea. Como parte de la línea de base del proyecto minero, se caracteriza este recurso considerando la hidrografía, precipitaciones, descargas y fuentes de agua relevantes. El área de estudio

incluye partes de las zonas de escurrimiento de los ríos Grande y Ananea, así como sus quebradas, formando parte de la cuenca alta del río Ramis, cuyas aguas finalmente desembocan en el lago Titicaca.

La altitud de los ríos y quebradas en esta región da lugar a ecosistemas particulares. Aunque los usos actuales de estos recursos no son muy significativos, los bofedales cercanos al área desempeñan un papel clave al almacenar agua de precipitación y regular su flujo, brindando regularidad a los caudales durante las estaciones secas y minimizando extremos durante las avenidas. Estos cuerpos de agua reciben contribuciones de manantiales y afloramientos que emergen en pequeñas cantidades en las laderas de los cerros (Catacora, 2015).

4.2.8.2. Laguna artificial Sillacunca

Se destaca la presencia de la laguna artificial Sillacunca, construida con fines mineros y para regular el flujo de agua debido a las lluvias. Ubicada a 4950 m.s.n.m., recibe aportes de deshielos y reboses de las lagunas Rinconada, Sillacunca, Huicha y Chullpacocha. La capacidad total de la represa de Sillacunca, incluyendo el vertedero, es de 5.55 MMC, con un volumen de agua almacenada de 4.43 MMC (Catacora, 2015).

4.2.8.3. Descargas medias anuales aforadas

En el área de estudio, se dispone de información de los registros de descargas de los ríos y quebradas, obtenida de la Estación Meteorológica Ananea. Además, se han recopilado datos de aforos realizados en diversas etapas de exploración, incluyendo la fase de campo (Catacora, 2015).

4.2.8.4. Descargas medias anuales calculadas

La hidrografía se complementa con información sobre descargas medias anuales aforadas y calculadas, así como datos sobre la zonificación ecológica, que permite estimar los caudales de las quebradas y ríos en diferentes puntos de interés (Catacora, 2015).

La identificación de especies nativas adaptadas es esencial para el éxito de la revegetación de los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14 en Pampilla, Ananea, Puno. Esta evaluación proporcionará una base sólida para el diseño e implementación de estrategias efectivas de restauración, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental a largo plazo en la región.

4.3. ESTRATEGIAS MÁS ADECUADAS PARA LA REVEGETACIÓN Y REMEDIACIÓN DE LOS PASIVOS AMBIENTALES DEL PROYECTO MINERO AFC-14, PAMPILLA.

La revegetación y remediación de pasivos ambientales son componentes críticos en la gestión sostenible de sitios mineros (Peña, 2021). En el contexto del proyecto minero AFC-14 en Pampilla, se proponen estrategias integrales que buscan restaurar la biodiversidad, mejorar la calidad del suelo y mitigar los impactos negativos derivados de la actividad minera.

4.3.1. SELECCIÓN DE ESPECIES NATIVAS

La vegetación que puede prosperar en la mina Ananea, Pampilla, dependerá de diversos factores, como las condiciones climáticas, la altitud, la composición del suelo y el grado de impacto de la actividad minera. Se pueden sugerir algunas plantas que son comunes en regiones similares de los Andes peruanos (Cuentas et al., 2019). Es importante señalar que estas son sugerencias generales y que se debe realizar un estudio detallado del sitio para identificar las especies más apropiadas. Algunas plantas que pueden considerarse son las siguientes "(Anexo 4)".

- **Ichu (*Stipa ichu*):** Una gramínea típica de los páramos andinos que es resistente y se adapta a condiciones de altitud y climas fríos.
- **Puya de Raimondi (*Puya raimondii*):** Una planta endémica de los Andes que crece a gran altitud y es conocida por sus espectaculares inflorescencias.
- **Yareta (*Azorella compacta*):** Una planta perenne adaptada a las condiciones de altitud que forma almohadillas compactas y puede resistir condiciones extremas.
- **Chachacoma (*Baccharis conferta*):** Una planta nativa que crece en zonas andinas y se adapta a suelos degradados.

- **Aliso (*Alnus acuminata*):** Un árbol nativo de los Andes que puede ayudar en la recuperación de suelos degradados y en la protección de cuencas hidrográficas.
- **Tola (*Parastrephia quadrangularis*):** Arbusto que puede encontrarse en áreas degradadas y que contribuye a la restauración de la vegetación.
- **Jara amarilla (*Baccharis salicifolia*):** Arbusto que puede encontrarse en áreas degradadas y que contribuye a la restauración de la vegetación.
- **Festuca alta (*Festuca arundinacea*):** Especie forrajera utilizada para cobertura vegetal adecuada y tolerante a temperaturas altas.

Realizar un análisis exhaustivo de la flora presente en la mina zona de Ananea es esencial, y se debe contemplar la restauración ecológica mediante la utilización de especies autóctonas que se adapten al entorno y fomenten la biodiversidad local. En consecuencia, en la Pampilla, Ananea, se pueden llevar a cabo plantaciones de Ichu, Yareta, Chachacoma, Aliso y Tola, dado que estas plantas son capaces de subsistir en suelos degradados por la actividad minera y, además, contribuyen al restablecimiento de la vegetación en la zona (Ccosi, 2022).

4.3.2. TÉCNICAS DE PLANTACIÓN

La plantación en áreas degradadas por Pasivos Ambientales Mineros (PAMs) generalmente se aplican técnicas específicas para asegurar el éxito de la revegetación y la restauración del área afectada por la actividad minera (Peña, 2021). A continuación, se describen algunas técnicas comunes de plantación en PAMs:

- **Siembra directa:** Consiste en sembrar directamente las semillas en el suelo sin la necesidad de viveros. Utilizado especies vegetales autóctonas adaptadas a las condiciones locales.
- **Transplante de vegetación:** Consiste en trasladar plantas ya desarrolladas desde viveros u otras áreas a la zona afectada. Útil para acelerar el proceso de revegetación, especialmente en áreas críticas.
- **Uso de geomembranas o mallas de sombreado:** Cubrir el suelo con geomembranas o mallas de sombreado para proteger las plántulas y reducir la erosión. Útil en áreas

donde la erosión y las condiciones climáticas adversas pueden afectar el establecimiento de la vegetación.

En relación a los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14 en Pampilla, se recomienda la técnica de plantación de siembra directa y trasplante de especies de propagación vegetativa o con pan de tierra durante el periodo de lluvias como lo expresa Gallardo (2019) indicando que los sistemas de riego desempeñan un papel crucial en el establecimiento y desarrollo exitoso de plantaciones en Proyectos de Aprovechamiento de Pasivos Ambientales Mineros (PAMs). En áreas afectadas por la minería, la disponibilidad de agua puede ser un factor limitante para el crecimiento de las plantas. Los sistemas de riego aseguran un suministro adecuado de agua, especialmente durante las etapas iniciales de la plantación. A continuación, se describen algunos aspectos clave de los sistemas de riego utilizados en plantaciones en este contexto:

- **Riego por goteo:** Este sistema administra agua directamente a la base de cada planta, minimizando la pérdida por evaporación y asegurando una distribución eficiente.
- **Riego por aspersión:** Se utiliza para cubrir áreas más extensas y consiste en la dispersión de agua sobre las plantas a través de rociadores, simulando la lluvia.
- **Riego por inundación:** Se aplica agua directamente sobre la superficie del suelo, inundando temporalmente la zona de plantación. Es menos común en PAMs, pero puede ser aplicado en ciertas zonas.
- **Secano:** Este régimen de cultivo consta exclusivamente en emplear agua de lluvia sin la interacción del riego artificial, el riego ecológico de esta categoría es muy importante, debido a que la siembra es planificada y administrada antes de la temporada de lluvias.
- **Conservación del agua:** Los sistemas de riego en PAMs suelen incorporar prácticas de conservación del agua, como la aplicación de agua en momentos óptimos del día para reducir la evaporación y el desperdicio.

- **Técnicas de mulching:** La cobertura del suelo con materiales orgánicos (mulching) ayuda a retener la humedad, reduciendo la frecuencia y la cantidad de riego necesaria.
- **Zonas áridas o semiáridas:** En áreas con baja precipitación, se implementan sistemas de riego más intensivos para compensar la escasez de agua natural.
- **Suelos degradados:** Los sistemas de riego se diseñan teniendo en cuenta la capacidad de retención de agua del suelo y su capacidad de absorción.
- **Supervisión regular:** Se lleva a cabo un monitoreo constante del estado del suelo, las plantas y el sistema de riego para realizar ajustes según sea necesario y asegurar un uso eficiente del agua. La implementación adecuada de sistemas de riego en plantaciones en PAMs contribuye de manera significativa al éxito de la revegetación y la restauración ambiental, asegurando un suministro óptimo de agua para el desarrollo saludable de las plantas.

En relación a los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14 en Pampilla, se recomienda la estabilidad hidrológica mediante la implementación de estructuras hidráulicas destinadas a dirigir las aguas de escorrentía de los componentes mineros principales. Esta medida se propone exclusivamente para la Relavera. Según lo especificado en el Estudio de Impacto Ambiental Simplificado (EIASd) aprobado, la zona de estudio se ubica en una región de Páramo pluvial - Subalpino tropical (pp-SaT), caracterizada por precipitaciones y presencia de vegetación natural (Díaz, 2019). Por consiguiente, se debe considerar la construcción de obras hidráulicas en la relavera como parte de las acciones de remediación ambiental, con el propósito de prevenir posibles eventos naturales extraordinarios a lo largo del tiempo (ver la Figura 6).

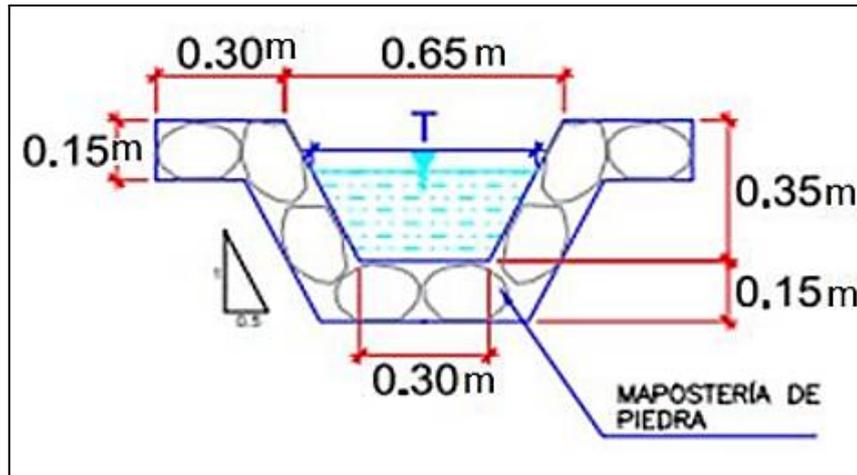


Figura 06: Diseño de canal de coronación.

Fuente: (Díaz, 2019).

4.3.3. MEJORA DE LA CALIDAD DEL SUELO

Es esencial realizar la adecuada preparación del terreno antes de trasladar los plantones al área definitiva, asegurándose de que el suelo esté en condiciones óptimas para garantizar el éxito de la revegetación y reforestación (J. Fernandez, 2021). La adición de cal al suelo impactado por la actividad minera tiene el efecto de neutralizar la acidez y mejorar las condiciones propicias para el crecimiento de las plantas. En paralelo, la introducción de microorganismos beneficiosos potencia la absorción de nutrientes por parte de las plantas, promoviendo así el desarrollo de la vegetación en suelos degradados.

En relación a los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14 en Pampilla, se podría evaluar la posibilidad de emplear geomembranas o explorar alternativas basadas en coberturas naturales, teniendo en cuenta las lecciones aprendidas de experiencias en la zona de cierre (Guerrero, 2017). Debido a esto, se planifica una cobertura de baja permeabilidad que abarque toda la extensión de los cuatro depósitos de relaves. Esta cobertura se logra mediante capas compactadas de suelo arcilloso con un espesor de 0.40 m y una conductividad hidráulica inferior a 10^{-6} cm/s. Además, se incluye una capa adicional de suelo de cultivo con un espesor de 0.20 m, como se ilustra en la **Figura 7**.

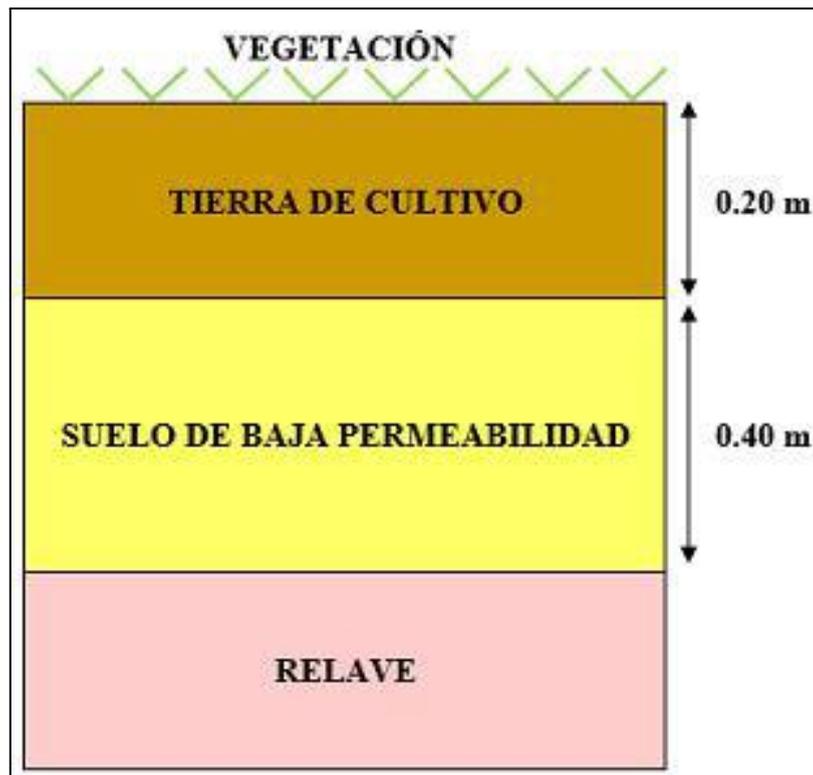


Figura 07: Modelo de cobertura de tipo II aplicado en depósitos de relaves.

Fuente: (Guerrero, 2017).

En el diseño inicial, se planea utilizar geosintéticos de polietileno de alta densidad (HDPE) y agregar caliza como filtro, top soil, y establecer vegetación en el depósito de relaves. Además, se considera la posibilidad de incluir una capa de gravilla de piedra caliza con un espesor de 0.05 metros. Sin embargo, según los análisis realizados por OM Ingeniería y Laboratorio S.R.L., se concluye que no es necesario neutralizar con caliza. Esto se debe a que la presencia de una capa de suelo arcilloso en lugar de la geomembrana elimina la necesidad de colocar la capa de gravilla, asegurando así las condiciones de impermeabilización y control de las infiltraciones de las aguas pluviales.

4.3.4. MONITOREO CONTINUO

El propósito fundamental del plan es garantizar el éxito del establecimiento de la plantación. En consecuencia, se establece que el plan de monitoreo debe abarcar un periodo de tres años. Aunque este plan se menciona de manera indicativa en la autorización de desbosque, es responsabilidad de la frontera, con el respaldo técnico de

la empresa encargada, definir la metodología y los plazos para llevar a cabo el monitoreo, basándose en el conocimiento del equipo de trabajo. Este seguimiento se llevará a cabo hasta la conclusión integral del plan de revegetación y remediación.

4.3.5. PARTICIPACIÓN COMUNITARIA

Además de llevar a cabo las actividades de revegetación y remediación, la Evaluación del Impacto Ambiental (EIA) incluye la implementación del Plan Regulador Comunal (PRC), el cual establece directrices de cumplimiento obligatorio (Fernandez, 2021). El objetivo general del PRC es establecer pautas y definir acciones para consolidar relaciones de confianza, respeto y colaboración entre la empresa y las comunidades afectadas por el proyecto. Los objetivos específicos comprenden:

- Desarrollar una estrategia de comunicación efectiva, transparente y oportuna mediante canales institucionalizados entre la empresa y las poblaciones en el área de influencia del proyecto.
- Manejar los aspectos sociales significativos del proyecto mediante medidas que maximicen los impactos positivos y mitiguen o eliminen los efectos negativos.
- Contribuir a mejorar el bienestar de la población en el área de influencia directa, considerando necesidades y oportunidades de desarrollo social, económico y ambiental.

En última instancia, al cumplir con los programas de comunicación, empleo de mano de obra local, acuerdos, compensación e indemnización, adhesión a buenas prácticas laborales, monitoreo socioambiental y provisión de asistencia en salud, se originan beneficios económicos, sociales y de bienestar en las comunidades directa e indirectamente impactadas durante todas las etapas del proyecto.

Estas estrategias propuestas no solo buscan la recuperación del área afectada por el proyecto minero AFC-14 en Pampilla, sino que también buscan establecer un equilibrio sostenible entre las actividades mineras y la conservación del entorno. La implementación

efectiva de estas medidas contribuirá significativamente a la restauración y preservación a largo plazo del ecosistema.

4.4. VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

H₁: La implementación de un plan para la revegetación y remediación de los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, ubicado en Pampilla – Ananea – Puno en 2023, permitirá hacer frente y reducir los efectos adversos en el medio ambiente ocasionados por las operaciones mineras, con el objetivo de restaurar el equilibrio del ecosistema.

H₀: La implementación de un plan para la revegetación y remediación de los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, ubicado en Pampilla – Ananea – Puno en 2023, no permitirá hacer frente y reducir los efectos adversos en el medio ambiente ocasionados por las operaciones mineras, con el objetivo de restaurar el equilibrio del ecosistema.

Según los datos recopilados en relación a la revegetación y remediación del PAM del proyecto minero AFC-14, se puede determinar que:

De acuerdo al estado actual del área afectada por la actividad del proyecto minero AFC-14 en Pampilla – Ananea – Puno, se presenta la oportunidad para establecer un nuevo equilibrio en el ecosistema. En esta situación, es factible introducir especies de flora silvestre, como el ichu (*Stipa ichu*), y otras que evidencian resistencia a las condiciones climáticas extremas. La aplicación de estrategias de revegetación y remediación, utilizando tecnología y métodos apropiados, puede llevarse a cabo. Por lo tanto, respaldamos la hipótesis alternativa (**H₁**) que sugiere que el plan contribuirá a enfrentar y disminuir los impactos negativos en el medio ambiente derivados de las actividades mineras, con el propósito de restablecer el equilibrio en el ecosistema.

CONCLUSIONES

PRIMERA. la propuesta de un plan de revegetación para remediación de los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea – Puno, previo diagnóstico es viable por las estrategias factibles para la revegetación con especies nativas de la propia zona para la restauración ecológica de las áreas afectadas previa voluntad y decisión para su implementación..

SEGUNDA. El diagnóstico ha permitido detectar las áreas afectadas por las actividades extractivas del proyecto minero AFC-14 en Pampilla – Ananea - Puno, al proporcionar datos esenciales para la organización de acciones correctivas y la implementación de estrategias sostenibles. Este estudio facilitará la comprensión de los efectos de la minería en comunidades locales, proporcionando las bases para la toma de medidas de gestión ambiental y social en el futuro.

TERCERA. La identificación de especies vegetales nativas adaptadas a las condiciones ambientales de la zona (tabla 8), asegurará la probabilidad de éxito en el proceso de revegetación de las áreas afectadas por el proyecto minero AFC-14 en Pampilla, Ananea, Puno. Esta evaluación proporciona el fundamento básico para una futura implementación de estrategias de restauración efectivas y sostenible ambientalmente en el tiempo.

CUARTA. La clave para tener éxito de la propuesta de restauración de las áreas afectadas por el proyecto minero AFC-14 en Pampilla, Ananea, Puno, radica en la identificación de especies nativas adaptadas a las condiciones ambientales y las medidas de revegetación, y ejecución de estrategias efectivas de recuperación de áreas

degradadas, con el propósito de contribuir a la sostenibilidad ambiental a mediano y largo plazo en la zona.

RECOMENDACIONES

PRIMERA. Se sugiere realizar un seguimiento a largo plazo para evaluar de manera continua el impacto social y ambiental del proyecto minero AFC-14 en las comunidades locales. Esto permitirá obtener datos actualizados y ajustar estrategias de gestión según sea necesario.

SEGUNDA. Dada la importancia de identificar especies nativas adaptadas para la revegetación, se recomienda realizar una investigación más detallada sobre la flora local, centrándose en las especies específicas que demostraron ser resilientes en el contexto del proyecto AFC-14. Esto puede proporcionar información valiosa para futuras acciones de restauración.

TERCERA. Considerando la contribución significativa de este estudio a la comprensión de los efectos de la minería en comunidades locales, se sugiere enfocarse en el desarrollo de estrategias sostenibles a largo plazo. Esto puede incluir la implementación de prácticas mineras más responsables y medidas de mitigación de impactos ambientales.

CUARTA. Para enriquecer la comprensión de los resultados obtenidos, se recomienda realizar comparaciones con proyectos mineros similares en otras regiones. Esto puede proporcionar una perspectiva más amplia sobre las estrategias exitosas de gestión ambiental y social implementadas en proyectos mineros comparables.

QUINTA. La participación activa de las comunidades locales es esencial en proyectos de esta índole. Se sugiere investigar y proponer métodos efectivos para mantener y

fortalecer la participación comunitaria en la toma de decisiones relacionadas con el proyecto minero y sus impactos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aduvire, O., & Aduvire, H. (2021). *Diagnóstico y rehabilitación de bofedales afectados por pasivos ambientales mineros*. 6(1), 10.
- Ames, M. (2019). *Diagnóstico fisicoquímico de los componentes del suelo de la comunidad de San Antonio de Sunec*. Universidad Nacional Federico Villarreal.
- Arango, M., & Olaya, Y. (2012). Problemática de los pasivos ambientales mineros en Colombia. *Gestión y Ambiente*, 15(3), Article 3.
- Barrera, L. (2018). *Identificación y evaluación de impactos ambientales del proyecto de construcción del nuevo hospital regional Daniel A. Carrión—Pasco, y su influencia socio-ambiental en el distrito de Yanacancha—2017*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion.
- Bruguera-Amarán, N., Gallardo-Martínez, D., & Díaz-Duque, J. A. (2020). *Los pasivos ambientales: El cambio de paradigma conceptual desde el contexto de Cuba*. 22.
- Castillo, L., Satalaya, C., Paredes, U., Encalada, M., Zamora, J., & Cuadros, M. (2021). *PASIVOS AMBIENTALES MINEROS EN EL PERÚ: Resultados de la auditoría de desempeño sobre gobernanza para el manejo integral de los PAM*. Contraloría.
- Catacora, G. (2015). *Evaluación del Impacto Ambiental de la Cooperativa Minera Señor de Ananea* [Universidad Nacional del Altiplano].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/1900/Catacora_Cahuana_Guillermo_Felix.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ccosi, C. (2022). *Remediación de pasivos ambientales mineros a escala laboratorio mediante microorganismos en la mina escuela Pompería—Puno* [Universidad Nacional del Altiplano]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/19056>
- Chappuis, M. (2020). *Remediación y activación de pasivos ambientales mineros (PAM) en el Perú*.
- Chávez, M. (2015). *Los pasivos ambientales mineros: Diagnóstico y propuestas*.
- Cholan, E., & Menacho, E. (2020). *Distribución espacial y temporal del cambio del uso del suelo generado por la actividad minera en el departamento de Ancash*. 81(1), 20.

- Choque, E. (2019). *Evaluación de la sostenibilidad de la explotación minera del Proyecto Estela—CECOMSAP – Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Cuentas, M., Velasquez, O., Arizaca, A., & Huisa, F. (2019). Evaluación de riesgos de pasivos ambientales mineros en la comunidad de Condoraque—Puno. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 4(2), 43-57.
- Dávila, N., & Walter, L. (2018). *Capacidad fitorremediadora de las especies de flora herbácea silvestre con mayor valor de importancia en la zona de pasivos mineros El Sinchao, distrito de Chugur, provincia de Hualgayoc, Cajamarca – Perú 2017*. Universidad Privada del Norte.
- Defensoría del pueblo. (2023). *Es la remediación de pasivos ambientales mineros de alto riesgo prioritaria en el Perú*.
<https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2023/07/Informe-Defensorial-N-2-2023-DP-AMASPPI.pdf>
- Díaz, M. (2019). *Medidas para la remediación del pasivo ambiental minero relavera pacococha 10488 en el distrito y provincia de castrovirreyna* [Universidad Nacional Federico Villarreal]. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/3565>
- Díaz, R., & Delgado, V. (2021). *Estudio comparativo de la legislación aplicable al cierre de faenas e instalaciones mineras entre Chile y España*. Universidad de Concepción.
- Estela, S. (2022). *Impactos socio-ambientales del Proyecto Minero La Granja en el Centro Poblado La Granja- Distrito de Querocoto*. Universidad Nacional Autónoma de Chota.
- Fernandez, A. (2019). *Plan de cierre de pasivos ambientales mineros de la Ex Unidad Minera Huampar*.
- Fernandez, J. (2021). *Revegetación y reforestación de la plataforma Dom-1 del lote 116 ubicado en el departamento de Amazonas, Perú*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Gallardo, S. (2019). *Propuesta de Fitorremediación en suelos contaminados con metales pesados mediante la utilización de Helianthus annuus L en Camilo Ponce*

- Enríquez, Azuay, Ecuador* [Universidad Agraria del Ecuador].
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/GALLARDO%20QUINTEROS%20AHOMED%20SANTIAGO.pdf>
- Gambini, L. (2020). *Métodos de remediación de suelos contaminados por actividades mineras*. Universidad Científica del Sur.
- García, I., & Dorronsoro, C. (2022). Contaminación por actividades mineras, tipos de actividades, impactos y su restauración. *Contaminación del suelo*.
<http://edafologia.ugr.es/conta/tema16/introd.htm>
- Gavilánez, K., & Parra, S. (2023). *Valoración económica para la conservación y preservación del suelo del cantón Zaruma afectado por la minería*. [Escuela Superior Politécnica del Litoral].
<https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/333dd338-f8b1-47e6-a09e-10c5a714e78e/T-113299%20GAVILANEZ-%20PARRA.pdf>
- González, L. (2021). *Remediación de pasivos ambientales mineros en Colombia: Una mirada desde la justicia ambiental y la experiencia peruana*.
<https://repository.urosario.edu.co/handle/10336/34158>
- Granados, D. (2022). *Obras civiles para cierre de pasivos ambientales mineros en el centro poblado de malpaso, distrito de San Francisco de Mosca, provincia de Ambo, departamento de Huánuco – 2019*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion.
- Guardiamos, Y., & Julca, K. (2022). *Análisis de la eficiencia para la remediación con brassica juncea, cecropia peltata y urtica urens en suelos contaminados por minería, de 2010 al 2021*. Universidad Privada del Norte.
- Guerrero. (2017). *Tecnologías de revegetación en suelos impactados por actividades mineras, experiencias en el Perú*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Huamán, J. (2021). *Influencia de los sistemas de uso en la calidad de suelo sector Cora Cora distrito Luyando, provincia de Leoncio Prado*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.

- Huanca, C. (2018). *Guía de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos*. Universidad Mayor de San Andrés.
- Jorquera, M. (2019). *Pasivos ambientales mineros – conflictos ambientales y percepción de la contaminación y de la salud de la población*. Universidad de Chile.
- Jose, B. (2021). Pasivos Ambientales Mineros en Perú: Bombas de tiempo de las que nadie se hace responsable. *CIPER Chile*.
<https://www.ciperchile.cl/2011/11/17/pasivos-ambientales-mineros-en-peru-bombas-de-tiempo-de-las-que-nadie-se-hace-responsable/>
- Loaiza, E., & Galloso, A. (2008). *Implicancias ambientales por la actividad minera de la Zona de Ananea en la Cuenca del Río Ramis* (Primera). INGEMMET.
- Martinez, L. (2018). *Evaluación del estado de conservación de suelos contaminados por la relavera el Madrigal-Arequipa y propuesta de fitorremediación*. In *Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín.
- MINAM. (2016). *Glosario de términos sitios contaminados*.
- MINEM. (2022). *Inventario de Pasivos Ambientales Mineros aprobado mediante R.M. N° 290-2006-MEM/DM y sus actualizaciones*.
[https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/2103488-1\(1\).pdf](https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/2103488-1(1).pdf)
- Morche, W., & Winkelmann, L. (2017). *Estudio de Caso de Pasivos Ambientales Mineros en la Región La Libertad/Perú*.
- Novoa, H. H., Arizaca, A., & Huisa, F. (2022). Efectos en los ecosistemas por presencia de metales pesados en la actividad minera de pequeña escala en Puno. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(3), 182-189.
<https://doi.org/10.18271/ria.2022.361>
- Palomino, K., & Rengifo, G. (2018). *Incidencia de la energía de compactación en la determinación de la humedad óptima en los suelos granulares*. Universidad San Martín de Porres.
- Paz, D., Escobar, K., & Jiménez, S. (2022). *Evaluación de la calidad del suelo en núcleos poblados cercanos a la zona minera aurífera de Ponce Enríquez*. 13(4), 9.

- Peña, O. (2021). *Propuesta de plan de revegetación para el pasivo ambiental minero N° 14582 en la provincia de Caylloma, Arequipa 2020*. Universidad Católica de Santa María.
- Pérez, F. (2018). *Aznalcóllar: Del desastre a la esperanza en veinte años*.
https://www.diariodesevilla.es/provincia/Aznalcollar-desastre-esperanza-veinte-anos_0_1239476416.htm
- Quinto, R. (2021). *Identificación de impactos de pasivos ambientales mineros mediante la teledetección en el distrito de ananea, provincia de San Antonio de Putina – Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Quispe, G. (2021). *Determinación de estabilidad física del talud en el frente minado del proyecto minero FADE I - Ananea*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Quispe, M., & Tapia, A. (2022). *Las técnicas preventivas de protección ambiental en el tráfico de hidrocarburos para la explotación ilegal de la minería en el sector de la Pampa del distrito de Tambopata – 2019*. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- Romero, M., & Bravo, S. (2021). *Estudio del potencial de acumulación de metales pesados de plantas nativas peruanas para la fitorremediación de pasivos mineros* [Pontificia Universidad Católica del Perú].
https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/19519/ROMERO%20ARRIBASPLATA_MAGGY_ESTUDIO_POTENCIAL_ACUMULACION.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rufino, V. (2019). *Calidad de suelo como un indicador de contaminación en el botadero la Muyuna, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Sanchez, R. (2018). *Evaluación técnica para el mejoramiento de la recuperación de oro en la planta artesanal de la concesión minera AFC-14*. Universidad Nacional de San Agustín.
- Schwartzmann, T. (2019). *Cambios en la calidad del suelo en un sistema agroforestal*

comparado con un pastizal en Madre de Dios. Universidad Científica del Sur.

Soriano, Lady, Ruiz, M., & Ruiz, E. (2015). Criterios de evaluación de impacto ambiental en el sector minero. *Industrial Data*, 18(2), 99-112.

UPN. (2016, junio 7). Daños que causa la minería ilegal en el Perú. *Blog de la Facultad de Ingeniería UPN*.

<http://blogs.upn.edu.pe/ingenieria/2016/06/07/danos-causa-la-mineria-ilegal-peru/>

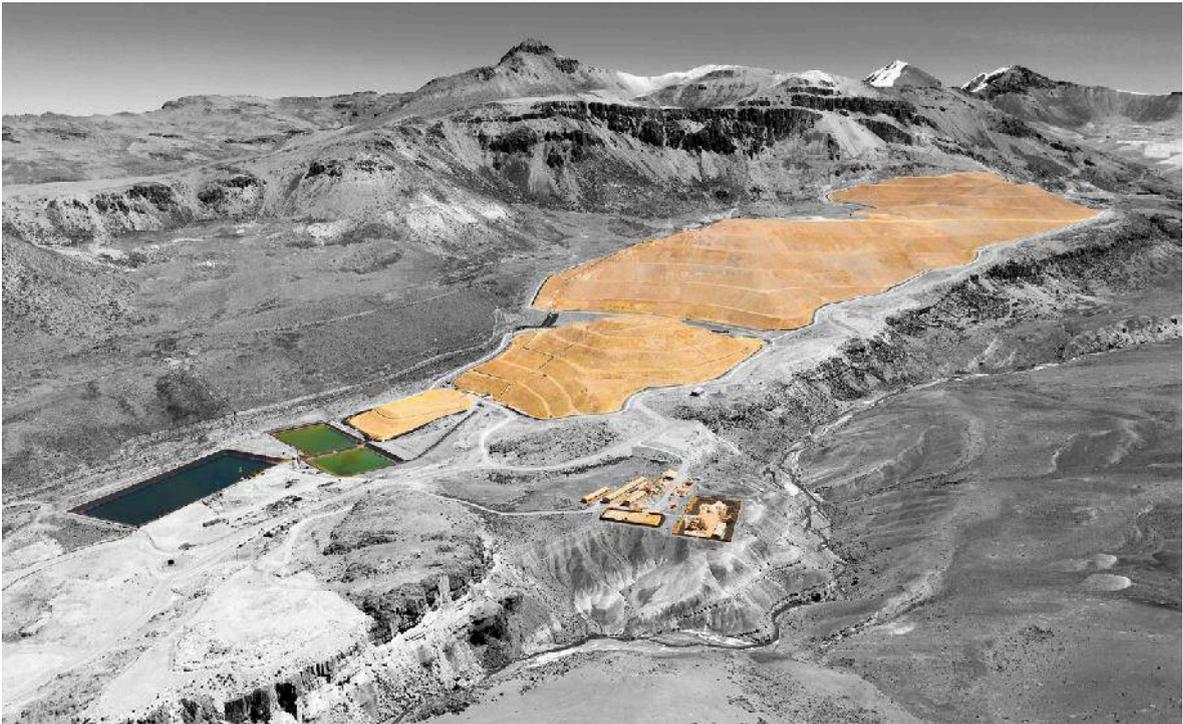
Vidalón, J. (2017). *Riesgos de los pasivos ambientales mineros*.

<https://www.revistaseguridadminera.com/gestion-seguridad/riesgos-generados-por-pasivos-ambientales-mineros/>

Zamora, G., Lafuente, J., & Hinojosa, O. (2020). Propuesta de rehabilitación ambiental del pasivo minero de Japo-Santa Fe. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 5(1), 3-18.

ANEXOS

Anexo 01: Pasivos ambientales mineros en Ananea.



Anexo 02: Matriz de consistencia: Título: propuesta de un plan de revegetación del pasivo ambiental del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea, Puno 2023.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES Y DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO DE DATOS
¿Será viable la propuesta de un plan de revegetación para la remediación de los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno 2023?	Proponer un plan de revegetación considerando más estrategias adecuadas para remediar los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno 2023.	La propuesta de un plan de revegetación para remediar los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno 2023 será un instrumento de gestión para mitigar los impactos negativos al medio ambiente.	Variable Independiente: Diagnóstico Identificación de las especies nativas.	Temperaturas máximas y mínimas. Altitud (msnm).	De medición GPS Termómetro Ficha de Registro Observación	Diseño de investigación no experimental de tipo cuantitativo, método deductivo inductivo Población y muestra: Proyecto Minero de AFC-14 (12 hectáreas) Área afectada del pasivo ambiental minero, se considera para
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS				
¿Cuál será el diagnóstico de las áreas afectadas por la actividad minera del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno 2023?	Realizar un diagnóstico para identificar las áreas afectadas por la actividad del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno.	Un diagnóstico adecuado facilitará la identificación de las áreas afectadas por la actividad del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea-Puno.	Condiciones meteorológicas. Altitud de la zona. Ubicación de la Zona.	Coordenada UTM. especies vegetales suelo precipitaciones		
¿Qué especies nativas serán las más adecuadas para una propuesta de	Identificar las especies nativas más adaptadas de la zona para una	Las variedades de especies nativas de la región puna son las más adecuadas para una				

<p>revegetación de los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno 2023?</p>	<p>propuesta de revegetación de los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno.</p>	<p>propuesta de revegetación de los pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla – Ananea - Puno.</p>	<p>Variable Dependient e: Propuesta de plan de Revegetación de pasivo ambiental</p>		<p>el estudio una hectárea para revegetación</p>
<p>¿Cuáles serán las estrategias más adecuadas para una propuesta de revegetación y remediación de los Pasivos Ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla?</p>	<p>Proponer las estrategias más adecuadas para la revegetación y remediación de los Pasivos ambientales del proyecto minero AFC-14, pampilla.</p>	<p>Las estrategias más adecuadas para una propuesta de revegetación y remediación de los Pasivos Ambientales del proyecto minero AFC-14, Pampilla serán usando semillas o esquejes con alta densidad de especies adaptadas a la zona durante los periodos de lluvia.</p>			

Anexo 03: Instrumentos para registro de información para el diagnóstico de plantas nativas.

FICHA DE REGISTRO	FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA
<p>Nombre Común: _____</p> <p>Nombre Científico: _____</p>	
<p>Características:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p>Hábitat y Distribución:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p>Otros datos importantes:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

Anexo 04: Especies identificadas para revegetación de áreas degradadas.

FICHA DE REGISTRO	FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA
Nombre Común: <u>Gramma - Césped</u>	
Nombre Científico: <u>Cyrodon dactylon</u>	
Características: <u>Planta nativa de Africa y Europa en conocida por ser la mas abundante en todo el mundo. Utilizado como pasto para ganado.</u>	
Hábitat y Distribución: <u>Habitad de esta especie es natural en todo el mundo.</u>	
Datos importantes:	

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE REGISTRO	FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA
<p>Nombre Común: <u>ICHU</u></p> <p>Nombre Científico: <u>Stipa ichu</u></p>	
<p>Características: <u>tiene un tamaño de un aproximado de</u> <u>60-180 cm de altura y las hojas son rígidas,</u> <u>esudas.</u></p>	
<p>Hábitat y Distribución: <u>Planta de alta montaña a lo largo de la</u> <u>cordillera andina desde México a centro</u> <u>americana Colombia a Chile y Argentina</u></p>	
<p>Datos importantes:</p>	

Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA	FICHA DE REGISTRO
	<p>Nombre Común: <u>Hiru-wiche</u></p> <p>Nombre Científico: <u>Festuca Orthophylla</u></p> <p>Características: <u>Especie característico por las espiguillas</u> <u>florales rectas, alcanza de 2 a 5 dm. de</u> <u>alto, hojas delgadas, bordes asperos.</u></p> <p>Hábitat y Distribución: <u>habita en regiones alto andinas de</u> <u>perú, Bolivia y norte de Chile y argenti-</u> <u>na. Crece en zonas montañosas sobre</u> <u>Suelos Esquitosos y arenosos - 5200 - 4800 m.</u></p> <p>Datos importantes:</p>

Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA	FICHA DE REGISTRO	
	<p>Nombre Común: <u>Arca pabarban</u></p>	<p>Nombre Científico: <u>Habenbergia Peruviana.</u></p>
	<p>Características:</p>	<p><u>Sea matoccales, plantas anuales y</u> <u>fasciculadas de 5 a 15 cm de alto</u> <u>hojas con láminas foliares</u></p>
	<p>Hábitat y Distribución:</p>	<p><u>Habita generalmente en suelos</u> <u>prehúmedos de la zona.</u></p>
	<p>Datos importantes:</p>	<p>_____</p>
	<p>_____</p>	<p>_____</p>

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE REGISTRO	FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA
<p>Nombre Común: <u>tola de agua</u></p> <p>Nombre Científico: <u>Parastrephia leucida</u></p>	
<p>Características: <u>Es un arbusto, crece hasta 1 metro de altura, sus hojas son lineales carnosas, tienen flores amarillas reunidas en capsulas</u></p>	
<p>Hábitat y Distribución: <u>Su hábitat es altiplánico hasta 4.900 msnm propio Tolar</u></p>	
<p>Datos importantes:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE REGISTRO	FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA
<p>Nombre Común: <u>Balticus</u></p> <p>Nombre Científico: <u>Juncus balticus</u></p>	
<p>Características: <u>Esta planta crece en unos 40 cm, tiene</u> <u>hojas modificadas en vainas basales</u> <u>generan un promedio de 20 hojas</u></p>	
<p>Hábitat y Distribución: <u>Esta planta crece en lugares elevados,</u> <u>alto andinos (Perú, Bolivia, Chile)</u></p>	
<p>Datos importantes:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE REGISTRO	FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA
<p>Nombre Común: <u>Cebadilla</u></p> <p>Nombre Científico: <u>Bromus catharticus</u></p>	
<p>Características: <u>Presenta una raíz ramificada, el tallo con nudos que consiste en herbácea, alcanza una altura de 10 - 70 cm</u></p>	
<p>Hábitat y Distribución: <u>Es originada de Sudamérica, se encuentra en Argentina y Bolivia también se ha naturalizado en Australia</u></p>	
<p>Datos importantes:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE REGISTRO	FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA
<p>Nombre Común: <u>Chillhua</u></p> <p>Nombre Científico: <u>Festuca rigescens</u></p>	
<p>Características: <u>Es una especie de hierba es originaria de Perú Bolivia Noroeste de Argentina crece en montañas alto andinas, su altura es de 20-30 cm</u></p>	
<p>Hábitat y Distribución: <u>Habita en suelos áridos, calizos, arenosos yesosos, saberes o toxicos con exceso de Aluminio, cobre, mercurio y otros minerales.</u></p>	
<p>Datos importantes:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

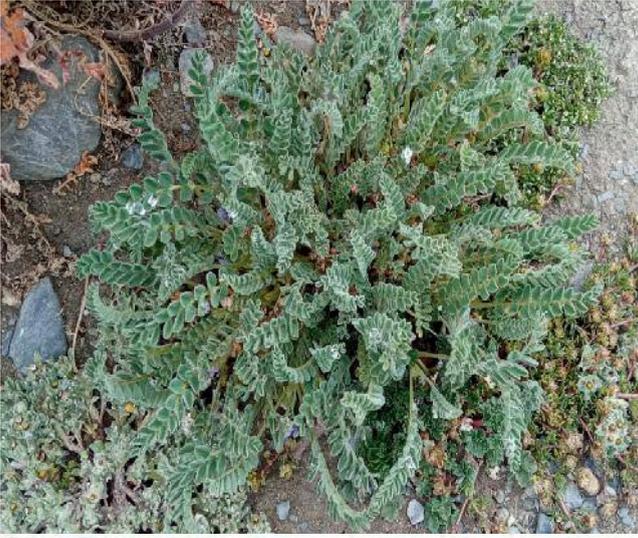
Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE REGISTRO	FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA
<p>Nombre Común: <u>Pakb, pak'o macho</u></p> <p>Nombre Científico: <u>Oxychloe Andina</u></p>	
<p>Características: <u>Hierba perenne que forma densos cojines</u> <u>hojas en rosetas con apices agudos y</u> <u>puntantes, flores vistrosas, fruto seco</u> <u>rojizo/purpúreo, se abre en su madurez</u></p>	
<p>Hábitat y Distribución: <u>Esta especie es dominante en el</u> <u>paísaje que habita - en ambientes</u> <u>húmedos de altura, Amedes, Cordillera-</u> <u>1105.</u></p>	
<p>Datos importantes:</p>	

Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFIA - PLANTA NATIVA	FICHA DE REGISTRO	
	Nombre Común: <u>Calamo</u>	Nombre Científico: <u>Calamagrostis brevicaulis</u>
	Características: <u>Hierba perennes adventicias, poseen hojas estrechas, forman de panucos con espiguillas y flores de color púrpura o marrón, de 30 a 80 cm de crecimiento.</u>	Hábitat y Distribución: <u>Vegeta principalmente en terrenos húmedos y altas.</u>
Datos Importantes:		_____ _____ _____

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE REGISTRO	FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA
<p>Nombre Común: <u>Chunchum - Gorbanoillo</u></p> <p>Nombre Científico: <u>Astragalus Spp.</u></p>	
<p>Características: <u>Hierba perenne baja, robusta, cubierta de abundantes pellos agudos de tamaño de 30 cm de alto, con una raíz profunda, leñosa y formando tubérculos.</u></p>	
<p>Hábitat y Distribución: <u>Habita en zonas andinas del noroeste del Sur, de suelos pedregosos.</u></p>	
<p>Datos importantes:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE REGISTRO	FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA
<p>Nombre Común: <u>Qjotolla</u></p> <p>Nombre Científico: <u>Ceranium Sessiliflorum</u></p>	
<p>Características: <u>Herba perenne, con raíz profunda cubierta por raíces de agua secas, con tallos aéreos cortos con flores solitarias rosadas.</u></p>	
<p>Hábitat y Distribución: <u>Habita en terrenos arenosos, cerros ácidos y laderas soleadas. En las montañas de Perú y Bolivia.</u></p>	
<p>Datos importantes:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE REGISTRO	FOTOGRAFIA - PLANTA NATIVA
<p>Nombre Común: <u>Pimpinela - caulia - llanfia</u></p>	
<p>Nombre Científico: <u>Tetraglechm alatum</u></p>	
<p>Características: <u>Arbusto de 1m de altura con ramas</u> <u>erectas y espinosas, con flores pequeñas y</u> <u>pedunculadas</u></p>	
<p>Hábitat y Distribución: <u>Terrenos arenosos o pedregosos, suelo</u> <u>desnudo con un estrato abierto de tenosar</u> <u>de hasta 5cm.</u></p>	
<p>Datos importantes:</p>	

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE REGISTRO	FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA
Nombre Común: <u>Garbanzo silvestre.</u>	
Nombre Científico: <u>Astragalus garbanillo</u>	
Características: <u>El garbanillo es una leguminosa silvestre que crece en las praderas nativas de la zona alto andina del Perú, alcanza una altura hasta 3000 m.</u>	
Hábitat y Distribución: <u>Es un arbusto nativo de América del Sur y se encuentra presente en zonas con clima de Argentina, Chile y Perú.</u>	
Datos importantes: 	

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE REGISTRO	FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA
<p>Nombre Común: <u>Sankayo - Warako</u></p> <p>Nombre Científico: <u>Echinops Maximiliana.</u></p>	
<p>Características: <u>Suelen formar pequeños cespinos, con tallos cilíndricos espinos verdes con bráctea cortos que alcanzan 5 cm de diámetro y altura hasta 20 cm, y florecen en forma de umbelo de color rojo y amarillo.</u></p>	
<p>Hábitat y Distribución: <u>Echinops Maximiliana es una especie de plantas en la familia cactaceae. Endémica de Perú y Bolivia - habita en las zona peruana.</u></p>	
<p>Datos importantes:</p>	

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE REGISTRO	FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA
<p>Nombre Común: <u>Sillo - sillo - Trinitica</u></p> <p>Nombre Científico: <u>Alchemilla pinnatifida.</u></p>	
<p>Características: <u>Herba perenne de 2 a 4cm de raíces profundas y alargadas plantas autóctonas de regiones andinas.</u></p>	
<p>Hábitat y Distribución: <u>Habita en regiones frías y montañosas de África, Norte y Sur América.</u></p>	
<p>Datos importantes:</p> <hr/> <hr/>	

Fuente: Elaboración propia.

FOTOGRAFIA - PLANTA NATIVA	FICHA DE REGISTRO	
	Nombre Común: <u>Aguja del pastor</u>	Nombre Científico: <u>Erodium Cicotarium</u>
	Características:	<u>Planta Forrajera</u> <u>Veluda de 5-6 cm de</u> <u>altura - anual, de tallos extendidos de</u> <u>5-60 cm y folíolos pinnados de color rosado</u> <u>fruto con pico espiral retrorcto 1-7 cm</u>
	Hábitat y Distribución:	<u>Planta Forrajera</u> <u>Habitat de suelos</u> <u>franos y solos que crece en casi</u> <u>todas las regiones.</u>
	Datos importantes:	

Fuente: Elaboración propia.

FICHA DE REGISTRO	FOTOGRAFÍA - PLANTA NATIVA
<p>Nombre Común: <u>Jarul - Pharacho (Puno 12)</u></p> <p>Nombre Científico: <u>Nototriche sp.</u></p>	
<p>Características: <u>Nototriche sp. característica de la familia Malvaceae. crece aproximado de en tamaño de sem, con flores de color azul.</u></p>	
<p>Hábitat y Distribución:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	
<p>Datos importantes:</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	

Fuente: Elaboración propia.