

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS BIOLÓGICAS Y QUÍMICAS
PROGRAMA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



REHABILITACIÓN DE ÁREAS DISTURBADAS POR LA MINERÍA, CON
VÍAS A LOGRAR SU SOSTENIBILIDAD, AL CIERRE DE LAS
OPERACIONES

Informe Técnico sobre Labores Propias de la
Especialidad presentado por el Bachiller:
ELVIS JAVIER MEDINA PERALTA
Para optar el Título Profesional de Ingeniero
Agrónomo

AREQUIPA - PERÚ
2013

AGRADECIMIENTO

A las pulcras y sabias palabras de mi madre Elsa
Los reflexivos improprios de mi padre Hermenegildo
La agudeza mental de mi esposa Evelyn
Y sobre todo, la inocencia de mis hijos; Rodrigo, Santiago y Fabiana
Son ellos quienes forjaron la realización de este trabajo



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
SUMMARY	II
CAPITULO I:	
INTRODUCCIÓN	1
1.1. CONTEXTO GENERAL	3
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
CAPITULO II:	
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
2.1. DESARROLLO SOSTENIBLE	9
2.2. ASPECTO SOCIO ECONÓMICO	14
2.2.1. SISTEMA PRODUCTIVO	17
2.2.2. TENENCIA DE TIERRAS	20
2.2.2.1. CAPACIDAD DE USO MAYOR DE SUELOS	20
2.2.2.2. USO ACTUAL DE TIERRAS	22
2.3. ASPECTOS FÍSICOS	26
2.3.1. TOPOGRAFÍA Y FISIOGRAFÍA	26
2.3.1.1. PAISAJE DE LA LLANURA ALUVIAL	26
2.3.1.2. PAISAJE COLINOSO	27
2.3.1.3. PAISAJE ARTIFICIAL	28
2.4. CLIMA	28

2.4.1. PRECIPITACIÓN	28
2.4.2. TEMPERATURA	29
2.4.3. HUMEDAD RELATIVA	30
2.4.4. EVAPOTRANSPIRACION	31
2.4.5. HIDROLOGÍA	31
2.5. ASPECTO BIOLÓGICO	32
2.5.1. FLORA	32
2.5.1.1. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN	33
2.5.1.2. CARACTERIZACIÓN DE LAS COMUNIDADES VEGETALES	34
CAPITULO III:	
MATERIALES Y MÉTODOS	44
3.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	45
3.2. DETERMINACIÓN DE LA ZONA DE TRABAJO	46
3.2.1. CARACTERIZACIÓN DE BOTADEROS	46
3.2.2. CARACTERIZACIÓN DE RELAVES	47
3.3. DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIES	49
3.3.1. FACTORES CLIMÁTICOS	50
3.3.2. CONDICIONES ECOLÓGICAS	50
3.3.3. CARACTERÍSTICAS FENOLÓGICAS	51
3.3.4. RECOMENDACIONES PREVIAS	51
3.4. DETERMINACIÓN DE LOS SUSTRATOS	52
3.5. DETERMINACIÓN DE LOS TIPOS DE PROPAGACIÓN	54

3.6.	DETERMINACIÓN DEL TIPO DE RIEGO	54
3.7.	DETERMINACIÓN DE LAS PARCELAS	55
3.7.1.	DISEÑO EXPERIMENTAL	55
3.7.2.	DISTRIBUCIÓN PARA BOTADERO	56
3.7.3.	DISTRIBUCIÓN PARA RELAVES	60
3.8.	IMPLEMENTACIÓN DE LAS PARCELAS	65
3.8.1.	EN BOTADEROS	65
3.8.2.	EN RELAVES	69
3.9.	LABORES DE CAMPO PARA LA INSTALACIÓN DEL EXPERIMENTO ..	72
3.9.1.	INCORPORACIÓN DE SUSTRATOS	72
3.9.1.1.	BOTADERO	72
3.9.1.2.	RELAVES	73
3.9.2.	MÉTODO DE PROPAGACIÓN	73
3.9.2.1.	PROPAGACIÓN POR SEMILLA BOTÁNICA	74
3.9.2.2.	PROPAGACIÓN VEGETATIVA (ESQUEJE)	74
3.9.3.	SIEMBRA Y PLANTACIÓN	74
3.9.3.1.	EN BOTADEROS	74
3.9.3.1.1.	PREPARACIÓN DEL SUELO	75
3.9.3.1.2.	SIEMBRA	75
3.9.3.1.3.	PLANTACIÓN	76
3.9.3.1.4.	APLICACIÓN DE ENMIENDAS Y ABONAMIENTO	76
3.9.3.1.5.	CUIDADOS CULTURALES	76
3.9.3.1.6.	RIEGO	76

3.9.3.2.	EN RELAVES	77
3.9.3.2.1.	PREPARACIÓN DEL SUELO	77
3.9.3.2.2.	SIEMBRA	77
3.9.3.2.3.	PLANTACIÓN	78
3.9.3.2.4.	APLICACIÓN DE ENMIENDAS Y ABONAMIENTO	78
3.9.3.2.5.	CUIDADOS CULTURALES	78
3.9.3.2.6.	RIEGO	79
3.10.	PROCESO DE MONITOREO Y MEDICIÓN	79
3.10.	VARIABLES A CONSIDERAR	80
3.10.1.1	EN LA ETAPA DE DESARROLLO	80
 CAPITULO IV:		
RESULTADOS		81
4.1	SOBRE LA VIABILIDAD ECONÓMICA	81
4.1.1.	Acopio de Suelo orgánico	81
4.1.2.	Recolección y acopio de semillas	82
4.1.3.	Perfilado y nivelación del terreno	83
4.1.4.	Transporte y establecimiento del sustrato	84
4.1.5.	Siembra	85
4.1.6.	Post siembra	85
4.2.	ESTABLECIMIENTO DE COSTOS UNITARIOS	86
4.3.	SOBRE LA VIABILIDAD TÉCNICA DE LA REVEGETACIÓN	88
4.3.1.	EN BOTADERO DE DESMONTE	88

4.3.2. EN RELAVE MINERO92

CAPITULO V:

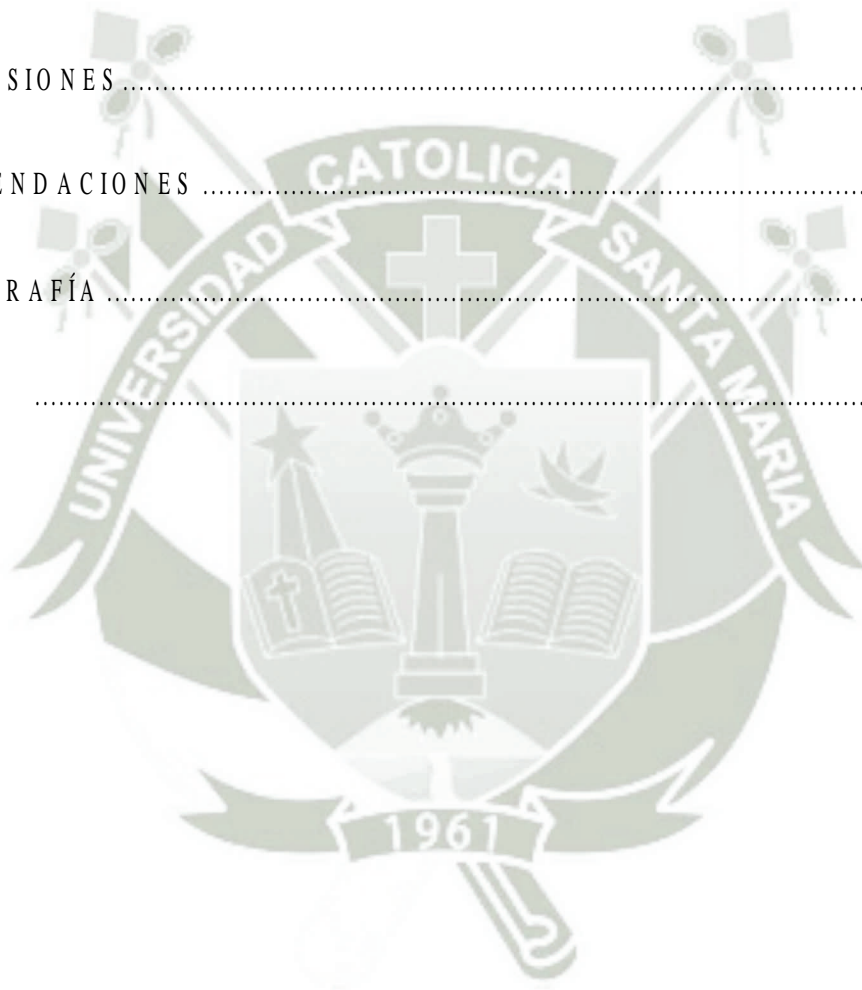
APRECIACIÓN CRÍTICA102

CONCLUSIONES103

RECOMENDACIONES105

BIBLIOGRAFÍA106

ANEXOS109



ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N° 01:	CLASIFICACIÓN DE TIERRAS POR SU CAPACIDAD DE USO MAYOR	21
CUADRO N° 02:	CLASIFICACIÓN DE LOS PASTIZALES EN FUNCIÓN A LA HUMEDAD	34
CUADRO N° 03:	CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDAD Y SITIO POR IAB E IC	35
CUADRO N° 04:	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL RELAVE	49
CUADRO N° 05:	DISTRIBUCIÓN DE SUSTRATOS EN BOTADERO DE DESMONTE	57
CUADRO N° 06:	DISTRIBUCIÓN DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN BOTADEROS	58
CUADRO N° 07:	DISTANCIAMIENTO DE ESQUEJES ENTRE GOLPE, EN BOTADEROS	59
CUADRO N° 08:	DISTRIBUCIÓN DE SUSTRATOS EN RELAVES	60
CUADRO N° 09:	DISTRIBUCIÓN DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA DE SEMILLAS EN RELAVES	62
CUADRO N° 10:	DISTRIBUCIÓN DE DISTANCIAMIENTO DE ESQUEJES POR GOLPE EN RELAVES	64
CUADRO N° 11:	NOMENCLATURA Y CÓDIGO DE COLORES PARA BOTADEROS	67

CUADRO N° 12	CÓDIGO DE PARCELAS	68
CUADRO N° 13:	NOMENCLATURA Y CÓDIGO DE COLORES PARA RELAVES	70
CUADRO N° 14:	CÓDIGO DE PARCELAS	71
CUADRO N° 15	COSTO PROYECTADO DE REVEGETACIÓN POR HECTÁREA EN REHABILITACIÓN DE ÁREAS DISTURBADAS POR LA MINERÍA, CON VÍAS A LOGRAR SU SOSTENIBILIDAD, AL CIERRE DE LAS OPERACIONES.....	85
CUADRO N° 16:	COSTOS CALCULADOS DE REVEGETACIÓN POR HECTÁREA EN REHABILITACIÓN DE ÁREAS DISTURBADAS POR LA MINERÍA, CON VÍAS A LOGRAR SU SOSTENIBILIDAD, AL CIERRE DE LAS OPERACIONES	86
CUADRO N° 17:	PORCENTAJE DE VARIACIÓN ENTRE LOS COSTOS PROYECTADOS Y CALCULADOS EN REHABILITACIÓN DE ÁREAS DISTURBADAS POR LA MINERÍA, CON VÍAS A LOGRAR SU SOSTENIBILIDAD, AL CIERRE DE LAS OPERACIONES	86

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 01: Altura promedio de las especies cultivadas en botaderos (<i>Festuca rigidifolia</i> Tovar. <i>Festuca orthophylla</i> Pilg. , <i>Festuca dolichophylla</i> J. Presl. Asociados), para el periodo 2000 - 2001 en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones	89
TABLA N° 02: Numero de hojas promedio en las especies cultivadas en botaderos (<i>Festuca rigidifolia</i> Tovar. <i>Festuca orthophylla</i> Pilg. , <i>Festuca dolichophylla</i> J. Presl. Asociados), para el periodo 2000 - 2001 en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones	90
TABLA N° 03: Cobertura promedio en las especies cultivadas en los botaderos (<i>Festuca rigidifolia</i> Tovar. <i>Festuca orthophylla</i> Pilg. , <i>Festuca dolichophylla</i> J. Presl. Asociados), en los años 2000 y 2001 en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones	91
TABLA N° 04: Altura promedio de crecimiento de las especies en estudio (<i>Festuca rigidifolia</i> Tovar., <i>Festuca orthophylla</i> Pilg., <i>Festuca dolichophylla</i> J. Presl. Asociado, <i>Medicago sativa</i> L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones	92

TABLA N° 05: Análisis de varianza para la altura promedio de crecimiento de las especies en estudio (*Festuca rigidifolia* Tovar, *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociado, *Medicago sativa* L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones 93

TABLA N° 06: Prueba de Duncan para la comparación de la altura promedio del crecimiento en los diferentes sustratos en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones 93

TABLA N° 07: Numero de hojas promedio en las especies en estudio (*Festuca rigidifolia* Tovar, *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociado, *Medicago sativa* L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones 95

TABLA N° 08: Análisis de varianza para el número de hojas promedio de las especies en estudio (*Festuca rigidifolia* Tovar, *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociado, *Medicago sativa* L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la

minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las
operaciones 96

TABLA 09: *Prueba de Duncan para la comparación del número de hojas promedio en los diferentes sustratos en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones 97*

TABLA 10: *Diámetro promedio de las especies en (Festuca rigidifolia Tovar. Festuca orthophylla Pilg., Festuca dolichophylla J. Presl. Asociado, Medicago sativa L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones 98*

TABLA 11: *Análisis de varianza para el diámetro promedio de las especies en estudio (Festuca rigidifolia Tovar. Festuca orthophylla Pilg., Festuca dolichophylla J. Presl. Asociado, Medicago sativa L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) para rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones 99*

TABLA N° 12: *Prueba de Duncan para la comparación del diámetro promedio en los diferentes sustratos en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones..... 100*

ÍNDICE DE GRÁFICAS

- GRÁFICA N° 01: Altura promedio de las especies cultivadas en botaderos (Festuca rigidifolia Tovar. Festuca orthophylla Pilg. , Festuca dolichophylla J. Presl. Asociados) para el periodo 2000 - 2001 en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones 89
- GRÁFICA N° 02: Numero de hojas promedio en las especies cultivadas en botaderos (Festuca rigidifolia Tovar. Festuca orthophylla Pilg. , Festuca dolichophylla J. Presl. Asociados), para el periodo 2000 - 2001 en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones .90
- GRÁFICA N° 03: Cobertura promedio en las especies cultivadas en los botaderos (Festuca rigidifolia Tovar. Festuca orthophylla Pilg. , Festuca dolichophylla J. Presl. Asociados), en los años 2000 y 2001 en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones91
- GRÁFICA N° 04: Altura promedio de crecimiento de las especies en estudio (Festuca rigidifolia Tovar. Festuca orthophylla Pilg., Festuca dolichophylla J. Presl. Asociado, Medicago sativa L.) en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la

	minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones	92
GRÁFICA N° 05:	Prueba de Duncan para la comparación de la altura promedio del crecimiento en los diferentes sustratos en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones ...	94
GRÁFICA N° 06:	Numero de hojas promedio en las especies en (<i>Festuca rigidifolia</i> Tovar. <i>Festuca orthophylla</i> Pilg., <i>Festuca dolichophylla</i> J. Presl. Asociado, <i>Medicago sativa</i> L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones	95
GRÁFICA N° 07:	Prueba de Duncan para la comparación del número de hojas promedio en los diferentes sustratos en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones	97
GRÁFICA N° 8:	Diámetro promedio de las especies en estudio (<i>Festuca rigidifolia</i> Tovar. <i>Festuca orthophylla</i> Pilg., <i>Festuca dolichophylla</i> J. Presl. Asociado, <i>Medicago sativa</i> L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones.....	98

GRÁFICA N° 09: Prueba de Duncan para la comparación del diámetro promedio en los diferentes sustratos en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones100



INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: <i>Festuca orthophylla</i> Pilg.....	37
FIGURA N° 02: <i>Festuca dolichophylla</i> J. Presl.....	38
FIGURA N° 03: <i>Festuca rigidifolia</i> Tovar.....	40
FIGURA N° 4: DISTRIBUCIÓN Y DIMENSIONES DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES EN BOTADEROS.....	66
FIGURA N° 5: DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES EN RELAVES.....	69



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: UBICACIÓN Y VISTA PANORÁMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO	110
ANEXO 2: FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE MINERAL	112
ANEXO 3: FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE FLOTACIÓN DE MINERAL	114
ANEXO 04: MAPA DE UBICACIÓN DE COMUNIDADES	116
ANEXO 05: ÁRBOL DE DISTRIBUCIÓN DE SUSTRATOS EN BOTADEROS ...	118
ANEXO 06: ÁRBOL DE DISTRIBUCIÓN EN RELAVES	120
ANEXO 07: TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES SEGÚN SUS VARIABLES EN BOTADEROS	122
ANEXO 08: TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES SEGÚN SUS VARIABLES EN RELAVES	127
ANEXO 09: FICHAS DE REGISTRO DE DATOS DE CAMPO	132
ANEXO 10: ARCHIVO FOTOGRÁFICO	141

RESUMEN

El presente informe, busca establecer alternativas de rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, mediante revegetación con especies nativas. Dicho estudio, se enmarcó dentro del desarrollo sostenible de actividades extractivas, en el contexto de la sierra sur del Perú.

El trabajo fue desarrollado en la empresa minera Xstrata Tintaya S.A. antes BHP Billiton Tintaya S.A., entre los años 1999 y 2001, utilizando especies de *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. y *Festuca rigidifolia* Tovar., propagadas de manera vegetativa y por semilla botánica, en diferentes sustratos, con riego por secano y labores culturales restringidas solo a la siembra.

Se contempló dos etapas: el plan piloto de revegetación, que tuvo como objetivo, establecer que sustrato, especie y sistema de reproducción podría ser el más adecuado para la zona y las condiciones del terreno. Determinándose que; tanto *Festuca orthophylla* Pilg. y *Festuca dolichophylla* J. Presl., mostraron mejor cobertura y altura de planta, así como cantidad de hojas en los sustratos abono y suelo orgánico respectivamente.

Por su parte, la revegetación en campo definitivo, buscaba validar estos resultados, en condiciones reales y establecer un costo promedio de revegetación por unidad de área, es así que para la rehabilitación de una hectárea se requiere de S/. 78,250 (setenta y ocho mil doscientos cincuenta soles) como costo directo

SUMMARY

The present report, seeks to establish rehabilitation alternatives of areas disturbed by mining, through replanting with native species. The survey, is framed within the sustainable development of extractive activities, in the context of the southern highlands of Peru.

The work was developed in the mining company Xstrata Tintaya S.A. before BHP Billiton Tintaya S.A. between the years 1999 and 2001, using species *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. and *Festuca rigidifolia* Tovar., propagated vegetatively and botany, in different substrates, with irrigation and dryland farming restricted only to the planting.

It was envisaged two phases: the pilot plan for replanting, which had as objective, to establish that substrate, species and playback system might be the most suitable for the area and the ground conditions. Determined that; both *Festuca dolichophylla* J. Presl. y *Festuca orthophylla* Pilg., showed better coverage and plant height, as well as quantity of sheets in the substrates compost and organic soil respectively.

For its part, the revegetation in definitive field, was looking for validate these results, in real conditions and establish an average cost of replanting per unit of area, it is as well that the rehabilitation of a hectare is required S/. 78.250 (seventy-eight thousand two hundred fifty soles) as a direct cost.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La industrialización, ha incrementado la demanda de minerales a nivel mundial, trayendo como consecuencia, la proliferación de actividades extractivas, ya sean estas informales, o formalmente constituidas, de pequeña, mediana o gran minería. Todas en su conjunto y durante su vida útil producen una serie de residuos que son almacenados en zonas aledañas a su operación.

Para el Gobierno Peruano, estos depósitos, pasan a constituir; pasivos ambientales o parte de los componentes de cierre de minas, los mismos que en su momento el titular minero tiene la responsabilidad de remediar, rehabilitar y/o controlar según sea el caso. El principio básico para la tarea de rehabilitación es que las áreas que fueron disturbadas sean tratadas, con el fin que se logre su estabilidad química y física y no constituyan un peligro para el ecosistema y la población. En adición a ello, estas áreas, al cierre, deben pasar a formar parte del paisaje natural, mimetizándose con el entorno y reconstituyendo las condiciones del ecosistema natural, siempre y cuando sea técnica y económicamente viable.

Considerando que, actualmente no hay información a nivel nacional sobre experiencias de revegetación con pastos naturales, para la rehabilitación de áreas disturbadas por la actividad minera en zonas alto andinas y viendo la necesidad de establecer algunos parámetros para presupuestar, almacenar, acondicionar y adecuar, las

operaciones actuales con vías al cierre y rehabilitación, se decidió ejecutar trabajos experimentales piloto, de rehabilitación y revegetación en la Empresa Minera Xstrata Tintaya S.A., antes BHP Billiton Tintaya S.A.

Esto llevó a buscar una aproximación de los fundamentos teóricos de la “sostenibilidad” desde un punto de vista social, minero, agropecuario y ambiental, que ayude a determinar la viabilidad y sostenibilidad ambiental de las actividades productivas extractivas. Sin intención de contradecir las diferentes posiciones sobre la sostenibilidad, sino todo lo contrario, buscando el consenso, la integración, con la intención de concebir una nueva actitud ante la necesidad de evitar los daños al medio ambiente y la comunidad, buscando la participación multidisciplinaria que ayude a adecuar las exigencias de una economía de globalización hacia el verdadero desarrollo sostenible que logre estar acorde con el contexto y las condiciones ambientales predominantes de una zona en particular. No obstante, estos principios, ya están identificados dentro del desarrollo sostenible, como; la equidad, la ética, el uso racional de los recursos naturales, pero no siempre coadyuvan al desarrollo o lo que es peor, dentro de la percepción de los grupos sociales, este no logra satisfacer sus necesidades.

Se espera pues, que este trabajo sea de utilidad para los investigadores, los empresarios mineros, las comunidades de la sierra del Perú y la sociedad en su conjunto y que pueda aportar en la búsqueda de nuevas iniciativas de Desarrollo Sostenible.

Por lo tanto, el presente trabajo contempla como objetivo general; Validar la posibilidad de rehabilitar con vegetación nativa y en condiciones naturales, las áreas disturbadas por la actividad minera y como objetivos específicos:

1. Establecer, la viabilidad económica de acuerdo con la inversión del plan de cierre.
2. Establecer, una metodología de rehabilitación con semilla botánica y/o propagación vegetativa de áreas disturbadas que sea técnicamente viable y que pueda servir de guía a otras empresas del rubro,
3. Determinar los posibles problemas a presentarse durante la rehabilitación de áreas disturbadas, con vegetación natural de la zona.

1.1. Contexto General

La Empresa Minera Xstrata Tintaya S.A, antes, BHP Billiton Tintaya S.A, se dedica a la producción de concentrado de cobre. Se encuentra ubicada en la provincia de Espinar, departamento del Cuzco, a 260 Km, de la ciudad de Arequipa y una altura aproximada de 4000 m.s.n.m.

La topografía de la región se caracteriza por tener montañas escarpadas de cumbres altas, estribaciones onduladas, valles y gargantas interandinas de pendiente suave a abrupta. Geográficamente se encuentra en la cadena oriental de los andes, presenta dos cursos principales de agua, de régimen estacional que forman las microcuencas del Ccamacmayo y Tintaya. (**Anexo 01**)

En los alrededores de la unidad de producción, se ubican cinco comunidades que se dedican a la actividad agropecuaria, por ser esta la principal actividad productiva de la zona.

Producto de la actividad minera, se tienen dos residuos principales, consecuencia de la extracción y producción de concentrado de cobre, así tenemos los botaderos de desmonte y los depósitos de relaves; que lejos de tener el potencial de contaminación química, también logran tener un impacto negativo sobre la flora y fauna por ocupación y transformación de áreas naturales. Actualmente la empresa minera está preocupada en resolver los problemas provenientes de este sistema de acumulación de residuos, que con el tiempo vendrá a representar componentes para el cierre.

1.2. Planteamiento del Problema

La explotación del mineral se efectúa mediante el sistema de tajo abierto, lo que resulta en la formación de excavaciones, en las cuales se ha extraído el suelo y roca. El material extraído que no tiene altas concentraciones de cobre, va a formar el material estéril o desmonte, que ha sido depositado en lugares seleccionados. Estos depósitos sin potencial minero inmediato, se les denomina botaderos. El desmonte es depositado en los botaderos sin ningún orden definido, la estratigrafía final depende; del lugar, origen del material, profundidad a la que son extraídos y del espacio disponible al momento de

depositarlo. El desmante, está constituido por rocas, piedras, gravas y guijarros. Los botaderos tienen una acumulación tan alta de desmante que ya constituyen formas fisiográficas del tamaño de cerros. (Anexo 02)

Por otro lado, en el proceso de flotación de sulfuros de cobre, se desecha material fino constituido de; mineral de baja ley y otros materiales que no tienen valor económico dentro del proceso; al cual se le denomina relave. Este producto es acumulado en forma sistemática, al interior de un dique construido con material de préstamo de los botaderos de desmante, llamado relavera o presa de relaves. El relave es transportado y depositado en forma de pulpa, que posteriormente sigue un proceso de secado por evaporación natural del agua. (Anexo 03)

Las posibilidades de devolver las condiciones originales a todas las áreas comprendidas por botaderos y relaves es uno de los mayores problemas que se plantea la empresa, por constituir este, un gran porcentaje del presupuesto de cierre.

Así mismo, dado que la Legislación Ambiental Nacional vigente, obliga a las actividades extractivas a actuar de manera responsable en el uso de los recursos naturales y paralelamente, la sociedad civil busca, mediante procesos de participación ciudadana el cumplimiento de los mismos. En el caso específico de la minería, ambos aspectos se han desarrollado ampliamente tal es así que:

En la Constitución Política del Perú (1993) Título I, Capítulo 1, Artículo 2 señala; toda persona tiene derecho a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como gozar de un medio ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

En el Cap. VI, art 88 señala; el Estado apoya preferentemente el desarrollo agrario. Garantiza el derecho de propiedad sobre la tierra, en forma privada o comunal o en cualquier otra forma asociativa. La ley puede fijar los límites y la extensión de la tierra según las peculiaridades de cada zona.

Por otro lado, la Ley General del Ambiente (2005), plantea en sus diversos Artículos un conjunto de principios y derechos que ayudan a establecer un vínculo de convivencia y respeto mutuo entre las diversas actividades productivas, en los cuales se argumenta lo siguiente: toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida; y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país. El Estado concierta con la sociedad civil las decisiones y acciones de la gestión ambiental. La gestión del ambiente y de sus componentes, así como el ejercicio y la protección de los derechos que establece la presente Ley, se sustentan en la integración equilibrada de los aspectos sociales, ambientales y económicos del desarrollo nacional, así como en la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras

generaciones. La gestión ambiental tiene como objetivos prioritarios prevenir, vigilar y evitar la degradación ambiental. Cuando no sea posible eliminar las causas que la generan, se adoptan las medidas de mitigación, recuperación, restauración o eventual compensación, que correspondan. Toda persona natural o jurídica, pública o privada, debe asumir el costo de los riesgos o daños que genere sobre el ambiente. El costo de las acciones de prevención, vigilancia, restauración, rehabilitación, reparación y la eventual compensación, relacionadas con la protección del ambiente y de sus componentes de los impactos negativos de las actividades humanas debe ser asumido por los causantes de dichos impactos. El diseño y la aplicación de las políticas públicas ambientales deben contribuir a erradicar la pobreza y reducir las inequidades sociales y económicas existentes; y al desarrollo económico sostenible de las poblaciones menos favorecidas.

De igual forma esto se refrenda con lo establecido por la Ley Orgánica para el Aprovechamiento de los Recursos Naturales (*Ley N° 26821 del 26 de junio de 1997*), que plantea: El aprovechamiento sostenible de los recursos no renovables consiste en la explotación eficiente de los mismos, bajo el principio de sustitución de valores o beneficios reales, evitando o mitigando el impacto negativo sobre otros recursos del entorno o del ambiente. Por otro lado, el Ministerio del Sector Minería ha desarrollado una Guía Ambiental Para Vegetación de Áreas Disturbadas por la Industria Minero – Metalúrgica (2005), la cual establece; todas las áreas afectadas por las actividades relacionadas a la minería deben ser restauradas oportunamente, de manera que puedan estar en

condiciones de mantener los usos que tenían antes del inicio de la actividad minera o una condición alternativa similar o mejor a la que existía antes de las operaciones.

Sobre la base de estas consideraciones, es necesario validar la posibilidad de realizar la rehabilitación de las áreas disturbadas por la actividad minera tomando en cuenta su viabilidad técnica, económica, así como, su sostenibilidad ambiental, de manera que posibiliten la ejecución de estas actividades al momento del cierre.



CAPITULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Desarrollo sostenible

El desarrollo, desde el punto de vista económico; es un proceso dinámico en permanente estado de superación hacia etapas cada vez más avanzadas, sin que se pueda prever un horizonte límite.

La Sostenibilidad o sustentabilidad, vienen a significar lo mismo, pese a tener diferentes corrientes que defienden una u otra posición. Según el diccionario de la Real Academia Española, la palabra “sostenido” significa algo que se toma por arriba. El término “sostenible” se aplica a algo que se mantiene firme, a una proposición que se defiende, o a una cosa que se sostiene por arriba. De igual forma la palabra “sustentable” anglicismo que viene de sustentar, se aplica a algo que se defiende con razones, a insumos o alimentos necesarios que proveen, o a una cosa que se sostiene por abajo. En el sentido estricto podemos decir que; es el acto de conservar los recursos, es decir que confiere la característica de renovabilidad.

Es por ello que cuando la comisión Brundtland define al desarrollo sostenible como la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad que tendrán las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades. Busca cumplir con el desarrollo bajo una característica de renovabilidad.

Se considera pues, el desarrollo sostenible como un proceso de cambio continuo en lugar de un estado de armonía fijo en el cual la utilización de los recursos, la orientación de la evolución tecnológica y la modificación de las instituciones están acordes con el potencial actual y futuro de las necesidades humanas. Su filosofía subyacente a nuestro entender es la equidad y el interés común de las sociedades y ecosistemas globalmente interdependientes.

Para Gallopin (1995)¹, sostenibilidad ecológica propiamente dicha es la capacidad de un sistema (o un ecosistema) de mantener constante su estado en el tiempo, constancia que se logra ya sea manteniendo invariables los parámetros de volumen, tasa de cambio y circulación, o fluctuándolos de modo cíclico en torno de valores promedio. Por tanto pasar de la definición de sustentabilidad ecológica a la de sustentabilidad ambiental no es fácil: todo lo contrario, significa incorporar por completo la problemática relación sociedad-naturaleza. Es decir que; la sustentabilidad ambiental de las estrategias de desarrollo debe incorporar conceptos temporales, tecnológicos y financieros.

José Barrios (2010)² considera que la sostenibilidad es la habilidad de diversos sistemas de la tierra, incluyendo las economías y los sistemas culturales, de sobrevivir y adaptarse indefinidamente a las condiciones ambientales cambiantes. Ante esta situación, se plantea la posibilidad de mejorar la tecnología y la organización social de forma que el medio ambiental

1 GALLOPIN, Gilberto (1995) "El Futuro Ecológico de un Continente" Pág. 45

2 <http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/sostenibilidad-economica-social-sustentabilidad-ambiental.htm>

pueda recuperarse al mismo ritmo que es afectado por la actividad humana. En síntesis, el logro del desarrollo humano sustentable será resultado de un nuevo tipo de crecimiento económico que promueva la equidad social y que establezca una relación no destructiva con la naturaleza. Cualquier intento de proteger al ser humano y no a su entorno que lo incluye, pues tributará a la aceleración de la extinción de ésta especie, única, capaz de propiciar su propia desaparición sobre la faz de la Tierra

Por tanto, consideramos que para lograr el desarrollo sostenible como tal, debe haber o coexistir necesariamente un elemento no menos importante llamado equidad, en el documento elaborado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL 1995),³ nos dice; se trata de encontrar las respuestas a como crecer e incorporarse positivamente a la economía mundial y cómo hacerlo con mayores niveles de equidad, en el entendido de que el fin del desarrollo es el bienestar del conjunto de la población. La auténtica competitividad es la que se apoya en la incorporación sistemática del progreso técnico al proceso productivo y genera empleos más calificados que utilizan medios ambientalmente sustentables. Pero también no deja de mencionar que la dinámica demográfica cumple una función importante en la reproducción de la pobreza desde dos puntos de vista: en forma directa por la alta tasa de fecundidad y crecimiento de la población pobre e, indirectamente, porque estos hechos favorecen la permanencia de los hijos en condiciones de vida similares a las de sus padres por la transmisión intergeneracional de la pobreza. Por último concluyen diciendo que trabajar por un desarrollo sustentable no significa limitar

³ Comisión Económica para América Latina y el Caribe - CEPAL, (1995) Población, equidad y transformación productiva

las posibilidades del crecimiento ni subutilizar el potencial de los recursos naturales. El desafío ambiental consiste en estimular modalidades de crecimiento que generen valor agregado en términos económicos, teniendo en cuenta el costo real de oportunidad de los recursos naturales y de las decisiones económicas.

Para A. C. Imbach (2000)⁴, sin embargo, el desarrollo sostenible a nivel rural significa que, la producción (entendiendo como tal el uso de los recursos naturales para cultivos, extracción, cacería, pesca, reforestación, etc.) funciona como un elemento articulador o bisagra entre los aspectos ambientales y los humanos, pudiendo ser incluida indistintamente en cualquiera de ambos campos. Es un proceso permanente, es una búsqueda perpetua de balance entre las demandas generadas para satisfacer las necesidades humanas y la capacidad de la naturaleza para cubrir dicha demanda sin degradarse irreversiblemente.

Para Marín y Delgado (1997)⁵. El manejo ecosistémico de los recursos naturales es una forma de manejo adaptativo que tiene como meta central la sustentabilidad intergeneracional de los ecosistemas explotados. La base fundamental del manejo adaptativo es la aceptación del hecho de que la capacidad de entendimiento del ser humano es imperfecta y que, por tanto, las intervenciones de éste en la naturaleza deben ser experimentales y graduales. El concepto se basa en la proposición de Holling (citado por Marín y Delgado 1978), respecto a que las respuestas de los ecosistemas a las intervenciones

4 Imbach, Alejandro C, (2000) Buscando el Rumbo; Guía Práctica para organizar y ejecutar procesos de autoevaluación de proyectos centrados en la sostenibilidad.

5 Víctor Marín, Luisa Delgado, (1997): Ambiente y Desarrollo "Manejo Ecosistémico de los Recursos Naturales"

humanas tienen un importante grado de incerteza. Una de las principales diferencias entre manejo adaptativo y manejo ecosistémico es que este último enfatiza la conservación de la biodiversidad como un requisito para la conservación y desarrollo de los ecosistemas. Desde esa perspectiva, por ejemplo, el monitoreo y conservación de la biodiversidad es tan importante en un plan de manejo, como lo es el monitoreo del recurso bajo explotación.

Por otro lado Jiménez Herrero (1992)⁶, cita aspectos relacionados con las necesidades humanas de adquirir minerales y las repercusiones que estos pueden generar en el medio ambiente. La incidencia más negativa de este proceso se irá concentrando progresivamente en las regiones menos desarrolladas, donde la protección ambiental es muy escasa. En cualquier caso, la competencia entre los usos de la tierra y el agua para actividades mineras frente a la utilización agroforestal está siendo cada vez más conflictiva, en términos generales, la degradación del ambiente superficial irá aumentando progresivamente a medida que sea necesario recurrir a yacimientos menos accesibles y de menor grado. El impacto de las actividades mineras sobre el medio ambiente social de las comunidades circundantes, aunque ha sido poco difundido, tiene consecuencias desfavorables de especial relevancia para ciertos países subdesarrollados. Esta inestabilidad cíclica que provoca cierre de minas cada cierto tiempo es más aguda cuando más aislada está la actividad minera respecto de otras actividades industriales y económicas que pueden generar mayor valor añadido.

⁶ Jiménez Herrero, Luis. (1992) "Medio Ambiente y Desarrollo Alternativo", Pág. 29

En la opinión de Gallopin(1995)⁷; La sustentabilidad ambiental de los procesos de desarrollo de una sociedad es una condición en la que en correspondencia con los horizontes de estrategias de desarrollo de largo plazo sobre la base del acervo tecnológico que la sociedad posee y considerando la posibilidad real que ella tiene para tener acceso a los recursos materiales y energéticos se logra la coexistencia armónica del hombre con su medio ambiente equilibrando los sistemas transformados y creados y evitando, por lo tanto su deterioro. Pero se tienen que ver dos aspectos relevantes la incertidumbre se puede atenuar mediante el conocimiento cabal y profundo de lo que se está haciendo. Conocer en profundidad el medio ambiente, su comportamiento y su reacción frente a los disturbios, se traducirá en estabilidad para los productores. El conocimiento dará la posibilidad de disminuir los riesgos, pero deberá nutrirse de la investigación científica.

2.2. Aspecto Socio económico

Para el efecto se tomaron datos de antecedentes e información estadística a nivel Nacional y Departamental tomando diversas fuentes oficiales y bibliográficas, como el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI)

Entre los principales componentes económicos localizados en la microcuenca que explotan los recursos naturales se encuentran las comunidades campesinas: Huisa, Alto Huancané, Huano Huano, Bajo Huancané, Tintaya

⁷ Gallopin, Gilberto. Ob. Cit. Pág. 18

Marquiri y la empresa BHP Billiton Tintaya S.A. Las primeras utilizan los suelos para una agricultura marginal y los pastizales que son el soporte principal para la ganadería extensiva (camélido, ovino y vacuno). El segundo explota los yacimientos mineros de cobre desde hace ya varios años. Por consiguiente, existe una estrecha relación entre ambos componentes debido a que la extracción minera repercute sobre las características de pradera nativa y la microcuenca en su conjunto. (Anexo 04)

Con respecto a los servicios educativos, se prestan en los niveles de inicial, primaria y secundaria en las comunidades de Tintaya-Marquiri y Alto Huancané. Estos servicios tienen categoría de fiscalizado, y son apoyados por la empresa minera Tintaya. Probablemente, estos factores hacen que la prestación del servicio educativo sea relativamente mejor que el resto de comunidades de Yauri, donde la población analfabeta se redujo drásticamente de 26.3% a 10.8% (considerando una población de 5 a más años de edad), tasa ampliamente inferior al promedio provincial (24.7%) y del departamento del Cuzco (25.4%). El analfabetismo afecta más a las mujeres, del total de la población analfabeta, el 17.5% son varones y el resto 82.5% son mujeres.

La población femenina comparada con la masculina alcanza menor grado de instrucción. En el nivel primario el acceso de ambos grupos es prácticamente igual. La diferencia aparece en la secundaria, pues el 41% de los varones tienen educación secundaria mientras que para las mujeres el porcentaje es de 28%.

La población que logra realizar estudios técnicos de nivel superior es mínima. Este aspecto, en los últimos años se está revirtiendo ya que las nuevas generaciones de jóvenes, ven con mayor expectativa la posibilidad de trabajar en actividades productivas relacionadas a la actividad minera.

En cuanto a la salud, los habitantes de las comunidades aledañas son atendidos por tres establecimientos de salud: el Hospital del asiento minero, el centro de salud de Yauri y la posta de salud de Tintaya Marquiri. Solo en casos de emergencia acuden al hospital de Tintaya y con más frecuencia al centro de salud de Yauri.

La primera causa de la morbilidad general e infantil son las enfermedades del aparato respiratorio 40.4% y 46.3% respectivamente, enfermedades que están directamente vinculadas a problemas de alimentación y condiciones de vivienda. De modo similar el 43.7% de la mortalidad general es causada por bronco neumonía y neumonía, mientras que el 45.4% de la mortalidad infantil se debe al síndrome obstructivo bronquial y un 18.18% es causada por neumonía.

Existen carencias nutritivas en un importante grupo de familias, principalmente en aquellas que se encuentran en el grupo de familias pecuarias cuya única fuente de ingresos es la actividad agropecuaria (32%) Los bajos volúmenes de producción y productividad que obtienen no les permiten satisfacer su necesidad de alimentación mínimas, situación que se traduce en

problemas de desnutrición, si bien no existen medidas exactas, las consecuencias se perciben en los centros educativos.

El problema de la insuficiencia alimentaria está siendo enfrentado a través de programas como el PACFO (Programa de Alimentación Complementaria para Grupos de Alto Riesgo), Vaso de Leche y el programa de alimentación escolar que es el que mejor llegan a la población estudiantil, ya que es repartida en forma diaria durante toda la temporada de labores escolares.

2.2.1. Sistema productivo

El capital pecuario se caracteriza por la diversidad de especies que crían, así como las grandes diferencias en la cantidad de ganado que poseen y no necesariamente en términos de calidad. El Rebaño Mixto Familiar (RMF) de las tipologías familiares de la comunidad está constituido por vacunos, ovinos, equinos, llamas, alpacas principalmente y animales menores como porcinos, cuyes, conejos y aves de corral.

En la comunidad de Tintaya Marquiri, que son los que soportan la mayor cantidad de comercio y actividades comerciales de estas comunidades, el promedio general familiar de capital pecuario es 37 ± 47 unidades ovino (UO) (sin considerar a las familias que no poseen ganado, el promedio se incrementa a 51 UO por familia).

Con relación a la distribución de frecuencias, el 26% de familias no poseen crianzas, que es el segmento de familias que pertenecen a las tipologías

de mineros eventuales y comerciantes-artesanos. Otro rasgo de la tenencia de capital pecuario en la comunidad en estudio, es que el 48% de familias poseen entre 1 a 50 UO, y en otro extremo, un 10% de familias tienen un capital mayor a 100 UO. Si comparamos estos datos con los de comunidades vecinas cuyos promedios fluctúan entre 95 a 300 UO por familia, vemos que hubo una drástica disminución en el tamaño de sus rebaños, a consecuencia de la reducción de las áreas de pastoreo. Esta aseveración se puede sostener con la información obtenida de los padrones comunales, las que indican que antes del inicio de la explotación minera (1982) el tamaño promedio de los rebaños era de 215 UO por familia.⁸

El ganado vacuno constituye una especie importante del RMF que gestionan las familias. Este ganado cumple diferentes roles en la economía de las familias. Los productos principales lo constituyen la carne, leche y el estiércol, este último como guano y energía (leña).

La tenencia promedio de vacunos actual en Tintaya Marquiri es de 2.6 ± 3.6 cabezas/familia (cifra que se incrementa a 4.8 cabezas/familia, cuando se ajusta en función al número de familias que poseen ganado vacuno) Si comparamos datos de comunidades vecinas sobre tenencia de vacunos, estas fluctúan entre 5 a 20 cabezas/familia.⁹

El ganado ovino constituye, sin duda, el componente más importante del RMF de las familias agropecuarias constituyendo un 31% de las familias las que

8 BHP Tintaya(2001), Estudio Socio Económico de la Comunidad Campesina Tintaya Marquiri

9 BHP Tintaya(2001), Estudio Socio Económico de la Comunidad Campesina Tintaya Marquiri

no poseen ganado ovino, que corresponde básicamente a las familias Mineras y Comerciantes-Artesanos.

El tamaño de los rebaños es muy diferenciado, observándose que el 35% de familias conducen rebaños reducidos, menores a 15 cabezas y en el otro extremo, apenas el 5% de familias tiene rebaños superiores a 60 cabezas. Antes de la expropiación de tierras (1982) la distribución marca una diferencia notable, porque apenas el 1% de familias conducía rebaños menores a 15 cabezas, mientras que el 32% de familias manejaban rebaños superiores a 60 cabezas.

El promedio general de tenencia de ovinos actualmente es de $17,3 \pm 23,7$ cabezas/familia y considerando solamente a las familias que poseen ovinos el promedio sube a 24.8 cabezas/familia, cantidad muy por debajo de 52.4 cabezas/familia estimado para comunidades del entorno del área de estudio y de 85 cabezas/familia estimado para la misma comunidad antes del año 1982.

El ganado equino (caballos, asnos y burros) tuvo un rol muy importante antes de la construcción de la carretera Yauri-Tintaya, puesto que era el medio más utilizado para el transporte y la carga. Actualmente a nivel provincial, la población de equinos ha disminuido notablemente.

La tenencia de camélidos domésticos por las familias de la comunidad en estudio, ha ido perdiendo importancia, si admitimos que el 66% de las familias no poseen esta crianza debido a la disminución del capital pecuario de las otras crianzas, a los bajos precios que siempre ha mantenido la carne y fibra de llama y alpaca; así como la pérdida paulatina del rol de carga y transporte de la llama de los productos agropecuarios y artesanales familiares, hacia los mercados que

se hallaban a grandes distancias para intercambiar productos. Las estadísticas recogidas en el padrón comunal nos indican que la tenencia promedio es 1.9 ± 4.2 cabezas /familiar, cirri que se incremental a 6.4 cabezas /familiar si consideramos en el calculi solamente a las familias que poseen esta crianza.

2.2.2. Tenencia de tierras

2.2.2.1. Capacidad de uso mayor de suelos

La superficie y porcentaje de las tierras según su Capacidad de Uso Mayor, con los suelos que incluyen, la podemos ver en el cuadro 02. De acuerdo a esta clasificación se han identificado tres grupos de uso mayor: las tierras aptas para cultivo en limpio (A) con el 2,3 % ; las aptas para pastos (P) que abarca el 65,7% del área, y tierras de protección (X) que suman el 32% de la superficie total¹⁰

10 Consulcont.S.A., (1996) Plan de Revegetación de las Áreas Afectadas por la Actividad Minera en Tintaya

CUADRO N° 01: CLASIFICACIÓN DE TIERRAS
POR SU CAPACIDAD DE USO MAYOR

GRUPO	CLASE	SUB CLASE	SUPERFICIE		SUELOS INCLUIDOS
			Ha		
A	A3sec	A3sec	42	1,6	Tintaya (rio) pendiente (2-4%) y Carretera antigua pendiente (4-8%)
		A3swc	20	0,7	Zona hospital en pendiente (2-4%)
P	P2	P2se	631	23,2	Óxidos y afloramientos rocoso en pendiente (8-5%), (15 - 25%)
		P3se	1,115	40,9	Tambo en pendiente (8-15%), (15-25%) y (25-60%); Chabuca en pendiente (15-25%) y (25-60%)
		P3swe	49	1,8	Óxidos de afloramiento en pendiente (25-60%) Campamento en pendiente (4-8%)
X	Xse		359	13,1	Planta en pendiente (8-15%) (15-25%) y (25-60%)
		X	514	18,7	Botaderos, tajos, presa de relaves, planta de concentrados ríos y lagunas.
TOTAL			2,733	100,0	

Fuente: Consulcont S.A., 1996

A3sec: Tierras aptas para cultivos en limpio, baja calidad agrologico debido a factores limitantes relacionados con la baja fertilidad, riesgo de erosión y de clima debido a bajas temperaturas.

A3swc: Tierras aptas para cultivos en limpio, baja calidad agrologica debido a factores limitantes relacionados con la baja fertilidad drenaje y clima debido a bajas temperaturas

P2se: Tierras aptas para pastos, caracterizados por presentar calidad agrologica media, debido a factores limitantes de suelo por la baja fertilidad natural y altas pendientes.

P3se: Tierras aptas para pastos, caracterizados por presentar calidad agrologica baja, debido a factores limitantes de suelo por la baja fertilidad natural y altas pendientes.

P3swe: Tierras aptas para pastos, caracterizados por presentar calidad agrologica baja, debido a factores limitantes de suelo por la baja fertilidad natural, drenaje deficiente y altas pendientes.

Estas descripciones corresponden a la parte interpretativa de estudio de suelos realizados por Consulcont, tomando en cuenta las características físicas, químicas y morfológicas de los suelos relacionadas con la variable ambiental en la cual se desarrollan; determinándose la máxima aptitud de las tierras y las predicciones sobre su comportamiento.¹¹

2.2.2.2. Uso actual de tierras

La evaluación del uso actual de tierras tiene como objetivo determinar y evaluar las diferentes superficies homogéneas en su utilización de manera que se

¹¹ Consulcont S.A., (1996) Plan de revegetación para Áreas Disturbadas por la Actividad Minera

pueda tener un juicio adicional en la determinación del manejo y conservación al que deben ser sometidas estas áreas.

En la Unidad de Estudio se han identificado cinco formas básicas de utilización de tierras, que fueron tomadas del estudio de Consulcont y son las siguientes:

- **Terrenos intervenidos por la actividad minera**

Actualmente (marzo, 98) son 1442,00ha que representa el 34.21% de la microcuenca. Son todas aquellas superficies que han sido intervenidas por las actividades propias de la explotación minera. Estas áreas se hallan ubicadas en la parte central de la Unidad de Estudio (microcuenca de Tintaya), es de señalar la probabilidad permanente de que estas áreas sean ampliadas con el tiempo.

- **Pastizales modificados por la agricultura**

Las mayores superficies de la unidad de estudio por su capacidad de uso mayor son aptas para pastizales, sin embargo, tradicionalmente los campesinos de la zona la utilizan para cultivos (quinua, kañiwa, papa amarga, cebada y avena), modificando drásticamente la composición florística y tendencia de los pastizales nativos. La utilización de estas áreas, sigue un ciclo de 2 a 7 años de descanso, periodo de recuperación de la fertilidad del suelo y de cambios en la cobertura vegetal. La actividad

agrícola en la microcuenca de Tintaya es marginal y muy limitada por factores medioambientales (sequías, heladas y granizadas).

Las áreas modificadas en la microcuenca de Tintaya abarcan 930,5ha que corresponde al 22.08% de la superficie total se localizan principalmente en zonas con pendientes casi a nivel, hasta las moderadamente empinadas. Se localizan en la parte norte de la Unidad de Estudio en los lugares denominados Manzanillapampa y Huayruropata, ubicadas al oeste de la futura planta de óxidos y Noroeste de Chabuca Sur en la zona de Huayllatera.

▪ Pastizales naturales

Comprende las superficies que no han sido intervenidas por ninguna de las actividades antes mencionadas, y que mantienen las características de su capacidad de uso mayor, vale decir, aptas para pastizales, es de comprender que sus condiciones de vegetación natural permiten el acceso de poblaciones pecuarias, aunque en la actualidad en cierta forma se ha restringido al pastoreo de estas zonas por razones de seguridad más que de recuperación o conservación.

Las superficies con estas características corresponden al 15.76% de la unidad de estudio (664,20ha), se encuentran por encima del campamento 01, al oeste de la Planta Concentradora cerca de la presa de emergencia y al Sur y Sur-Este del tajo Tintaya.

- **Terrenos de protección**

Terrenos que por sus condiciones fisiográficas, en muchos casos inaccesibles, limitan el desarrollo de actividades agropecuarias, escasa vegetación natural, son terrenos áridos escarpados, erosionados, con presencia de cárcavas, horizonte superficial delgado, con pendientes fuertemente empinadas, con afloramientos rocosos y de material madre. Corresponde al 27.80% de superficie total de la microcuenca (1171,90ha).

Se localizan en las inmediaciones de los límites de la unidad de estudio (divortium aquarium). En la margen derecha del río Tintaya y en la margen izquierda de la quebrada Marcuyuta.

- **Terrenos misceláneos:**

Son superficies ocupadas por las redes viales fuera de la zona de actividad minera, la infraestructura de vivienda de los comuneros que aún viven en la zona, por las corrientes de agua como los ríos y riachuelos y finalmente por otras áreas que no han sido mencionadas en el presente estudio. Abarcan 6,40 ha que corresponde al 0.15% de la superficie total.

Un análisis de las superficies correspondientes al uso actual permite realizar las siguientes apreciaciones: las actividades mineras y conexas ocupan el 34.21% de la superficie de la microcuenca, que corresponde a 1442,00ha. De este total, 631,00ha (43.76% del total de la actividad minera), está constituido por los botaderos y tajos; asimismo, 135,00ha (9.336% del

total de la actividad minera) está ocupada por material de relave y la laguna de oxidación. Obviamente estas son áreas con total perturbación.

2.3. Aspectos físicos

2.3.1. Topografía y fisiografía

La topografía de la región se caracteriza por tener montañas escarpadas de cumbres altas, estribaciones onduladas, valles y gargantas interandinas de pendiente suave a abrupta. Hidrográficamente se encuentra en la cadena oriental de los Andes; presenta dos cursos principales: el río Ccamacmayo y el río Tintaya que a lo largo de su recorrido, recibe como afluentes las aguas de las quebradas Shangrilla y Marcuyuta de régimen estacional.

La microcuenca de Tintaya, de manera general, presenta características fisiológicas de diversas geoformas determinadas por las erosiones de factores tectónicos, orogénicos, litológicos, y climáticos, los cuales por procesos erosivos y deposicionales han contribuido a su configuración actual; caracterizándola como una zona colinosa (61.65%). Estos mismos factores han dado lugar a la caracterización del paisaje en:

2.3.1.1. Paisaje de la llanura aluvial

Son las áreas ubicadas en las zonas bajas, cuyos suelos meteorizados de material madre han sido acumulados y desplazados por movimientos descendentes por acción de la gravedad. Son suelos sedimentados, normalmente

superficiales y de textura variable, se puede reconocer por el arqueo de material transportado en dirección de la pendiente, clara muestra de sucesión de movimientos de masas de tierra. Las pendientes de estas superficies varían de niveladas (planas) a fuertemente inclinadas, mayormente de buena calidad agrologica, presentan problemas de drenaje. Abarca el 16.17% de la superficie total de la cuenca.

Se pueden identificar dos sub-paisajes: Llanura de inundación, en el que se observa dos unidades fisiográficas: ríos y playas y terrazas inundables y Llanura de sedimentación en la que se han establecido tres unidades: terrazas bajas no inundables, terrazas altas y terrazas altas hidromórficas.

2.3.1.2. Paisaje colinoso

Domina el 61.65% de la superficie de la unidad de estudio. Son terrenos ubicados a media ladera por encima de las terrazas y que posteriormente forman lagunas, donde se encuentra el material madre de origen, tierras más susceptibles a la erosión, con drenajes de moderado a excesivo, y pendientes que van desde el moderadamente empinado a quebrada escarpada, de suelos permeables, aptos para vegetación permanente, las zonas altas de colina o pampas son de drenaje imperfecto.

Se ha establecido dos sub-paisajes: Colinas bajas en las que se ha identificado tres unidades fisiográficas: suavemente disectadas, moderadamente disectadas, fuertemente disectadas y las colinas altas en las que se han

identificado dos unidades fisiográficas: moderadamente disectadas y fuertemente disectadas.

2.3.1.3. Paisaje artificial

Son las superficies que han tenido intervención antrópica cuyas características fisiográficas han sido cambiadas artificialmente, debido principalmente a la actividad minera realizada en la zona, este paisaje se ubica en la parte media de la unidad de estudio constituyéndose una zona íntimamente ligada una con la otra, es decir que existe una relación permanente entre los campamentos, los tajos, los botaderos, la laguna de relaves, el sistema de comunicación y todas las superficies inmediatas a ellas. Este paisaje abarca: el 22.18% de la superficie total de unidad de estudio.

2.4. Clima

Se ha trabajado con data de los registros de la estación meteorológica que se encuentra ubicada a una altitud de 4,005 msnm y en las coordenadas de 14°54'00'' Latitud Sur y a 71°16'30'' Longitud Oeste.

2.4.1. Precipitación

Los datos promedio de 29 años de registros continuos indican la presencia de lluvias durante todo el año, identificándose que la mayor precipitación mensual en el periodo analizado es de 368.1 en enero de 1978, y la de menor precipitación de 0,00 mm con relativa frecuencia durante los meses de mayo, junio, julio y agosto.

La mayor precipitación promedio anual se ha producido en el año de 1984 con un valor de 1291,7 mm y la menor en 1983 con 417,6 mm promedio anual, aparentemente se podría concluir que a un año lluvioso le sucede uno de secas.

La época de lluvias (húmeda) comienza en el mes de Octubre con un promedio mensual de 40.88 mm y termina en el mes de Abril con un promedio mensual de 51.88 mm registrándose durante este periodo 727.92 mm (93.22%) del total de precipitación promedio anual.

La época de secas comienza en Mayo con promedios mensuales de 13.20 mm y termina en Setiembre con 11.99 mm, que hacen un total de 53.96 mm representando el 6.78% del total de representación promedio anual.

2.4.2. Temperatura

La información registrada de datos de temperatura media anual es de un periodo de 25 años (1977 - 2001) interrumpiéndose en los años 1980 - 1981. En este periodo se ha identificado que la mayor temperatura media presentada fue el mes de Abril de 1994 con un valor de 12,44 °C y la menor en Junio de 1990 con 0,22 °C.

La temperatura media promedio anual calculada es de 7,22 °C variando estas entre los 8,66 °C en el mes de Febrero como el de mayor temperatura media y los 4,05°C en el mes de Julio como la menor temperatura media.

En cuanto a los promedios mínimos anuales, el mes de Julio presenta valores de 10.14 °C oscilando a una mayor mínima de -0.32 °C en el mes de Enero durante el periodo analizado, el promedio mensual de la temperatura mínima es de -4.89 °C.

El análisis muestra que los meses de probables heladas corresponde a los meses de Mayo, Junio, Agosto y Setiembre. La probabilidad media de ocurrencia de heladas son los meses de Abril, Octubre y Noviembre y con pocas probabilidades de heladas son los meses de Diciembre, Enero, Febrero y Marzo.

2.4.3. Humedad relativa

La humedad relativa (HR) se expresa como porcentaje y, es la cantidad de vapor de agua en el aire, en su máxima calidad posible a una temperatura determinada. Los registros de humedad relativa en la estación comprenden a un periodo de 16 años, determinándose que la mayor HR presentada fue en el mes de Abril de 1966 con 89.2% y la menor con 25.81% en el mes de Febrero de 1995.

El año con mayor HR fue 1996, con promedio mensual de 81.98% de humedad relativa con una media de 50.07% y la mayor en Enero con 63.00%. Como se puede entender la falta de reservas de humedad del suelo en los meses Julio a Octubre. Influye en la falta de humedad ambiental que es mínima en esta época del año y alta en los meses de Enero a Marzo. En suma la HR en la

microcuenca es considerada baja con respecto a otros ambientes y afecta la gradiente, mayor evapotranspiración.

2.4.4. Evapotranspiración

Los valores de evapotranspiración se calcularon indirectamente por el método de Harvergreaves, la evapotranspiración mensual y su distribución mensual a lo largo del año. De los cálculos se obtuvo una evapotranspiración potencial (ETP)¹² promedio anual de 1,300.6 mm y un promedio mensual de 108.4 mm.

La mínima ETP promedio calculado se da en el mes de Junio con 96.58 mm y la máxima promedio ocurre en el mes de Octubre con 128.39 mm.

2.4.5. Hidrología

La microcuenca de Tintaya, componente de la cuenca del río Salado, con una superficie de 42,15 km² Latitud Sur. Presenta altitudes comprendidas entre los 3 912 msnm (orillas del río Salado) y 4 360 msnm (cerros Ccarhuachaca y Condorsayana)

Localizada a 15 km al este de la ciudad de Yauri, unida por un tramo de la carretera Cusco - Sicuani - Espinar - Arequipa. Alberga a la empresa BHP Billiton Tintaya S.A. que actualmente ocupa un espacio de 4 215.00 has, así

¹² Lease también; Evaporación de referencia (ET_o) según la referencia de la Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos FAO 56

como parcialmente territorios de las comunidades campesinas de Alto Huancané, Bajo Huancané, Huano Huano, Huisa y Tintaya Marquiri.

El nombre de la microcuenca de Tintaya deviene del río del mismo nombre, de curso irregular que atraviesa de sur a norte y constituye un subsistema de la cuenca del río Salado.

El otro curso principal es el río Camacmayo cuyo origen se encuentra en las alturas del cerro Huancaruma a 4,100 msnm. Tiene una longitud aproximada desde este punto de 8,3 Km., a lo largo de este recorrido, recibe como afluentes las aguas de la quebrada Shangrilla y Marcuyuta de régimen estacional; en el primer caso la confluencia se da a los 4,95 Km. De su recorrido y a una altura de los 3 960 msnm, y en el segundo la confluencia se da en el Km. 3,5 de su recorrido a una altitud de 3965 msnm.

2.5. Aspecto biológico

2.5.1. Flora

La microcuenca de Tintaya según el diagrama bioclimático de Holdridge se clasifica dentro de la zona de vida natural Páramo muy húmedo, Sub Alpino, Sub tropical (pmh-SAS), correspondiendo a las regiones naturales de Puna baja y Puna alta, ubicadas entre los 3912 m de altitud (orillas del río Salado) y los 4630 m de altitud (cerro Ccarhuachaca y Condorsayana).

Los pastizales naturales son áreas cubiertas por vegetación herbácea, en las que predominan poáceas, ciperáceas y rosáceas y varían en su composición,

fundamentalmente de acuerdo a la humedad del suelo, exposición y características edafológicas, como textura y contenido de materia orgánica.

En la microcuenca de Tintaya, las áreas de pastizales y tierras de protección, están cubiertas por una vegetación herbácea que corresponden al tipo de pasturas polifíticas nativas alto andinas, habiéndose identificado 28 familias en 112 especies vegetales, siendo predominantes las gramíneas con 35 especies y las compuestas con 22 especies entre las más importantes, y en menor proporción las fabáceas, juncáceas, plantagináceas, umbelíferas y otros.

En cuanto se refiere a las especies que predominan por sitios de pastizal tenemos a las del género *Festuca* como la *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. y *Festuca rigidifolia* Tovar., con coberturas del orden del 25, 31 y 23%, respectivamente, de la composición florística. En síntesis y de acuerdo a los resultados de evaluación realizados la *Festuca orthophylla* Pilg., es la especie que predomina en la microcuenca, debido a las condiciones de los suelos y de clima, principalmente. Por otro lado, el número de especies identificadas, establece alta biodiversidad de especies vegetales de la microcuenca.

2.5.1.1. Identificación y clasificación

Se han identificado cinco (05) comunidades vegetales predominantes, en base a la evaluación de 23 sitios de pastizal, siendo la comunidad vegetal de

“Iral” la que predomina en la zona de estudio, seguida por los “Ichales” y en menor proporción los “Chilliwares”

Desde el punto de vista del contenido hídrico o humedad de los suelos, los pastizales en la microcuenca de Tintaya, se encuentran diferenciados en pastizales de zonas secas, sub-húmedas y húmedas, constituyéndose los pastizales de las zonas secas (Irales, Ichales) los que ocupan la mayor parte del área con cobertura vegetal.

CUADRO N° 02: CLASIFICACIÓN DE LOS PASTIZALES EN FUNCIÓN A LA HUMEDAD

ZONA	COMUNIDAD VEGETAL	AREA (has)	%
SECA	Iral	1 810.60	42.96
	lchal	609.30	14.45
SUB-HUMEDA	Chiliwar	464.40	11.02
HUMEDA	Chilliw a ojho	270.50	6.42
	Chiwal	68.00	1.61
TERRENOS DISTURBADOS*		992.20	23.54
TOTAL		4 215.00	100.00

Fuente: Estudio Agrostológico Microcuenca Tintaya – Abril 98

**: Disturbados por la actividad minera y miscelánea.*

2.5.1.2. Caracterización de las comunidades vegetales

Las Comunidades Vegetales en la microcuenca de Tintaya están caracterizadas por ser áreas cubiertas de vegetación herbácea en su mayor parte;

con pastizales naturales, pastizales modificados por la actividad agrícola, terrenos de protección y parte de terrenos intervenidos por la actividad minera.

Dentro del proceso de evaluación de los pastizales se ha realizado la determinación del Índice de Área Basal (IAB) e Índice de Cobertura Vegetal (IC) que son importantes en el proceso de la determinación de la condición y tendencia de los pastizales.

De las cinco comunidades vegetales determinadas, solo a los Chilliwajo se les puede considerar como pastizales casi cerrados (IC de 95 a 100%) estando considerados el resto de los pastizales como abiertos (IC menor al 95%)

CUADRO N° 03: CARACTERIZACIÓN DE COMUNIDAD Y SITIO POR IAB E IC

COMUNIDAD	N° SITIOS	Índice de Área Basal (IAB)	Índice de Cobertura vegetal (IC)
Iral	11	60.39	57.58
Chilliwajo	6	82.28	89.67
Ichal	2	62.5	47.5
Chilliwajo	3	93.17	97.66
Chiwajo	1	75	81

Fuente: Estudio Agrostológico Microcuenca Tintaya - 1998

Los resultados indican que las áreas están sometidas a procesos de erosión que va de muy ligera a severa, correspondiendo a los irales las zonas que presentan procesos de erosión ligero-moderado a severo y a los Chiwales,

Chilliwa ojho y Chilliwares, procesos de erosión muy ligero ha moderado. Por otra parte estos pastizales están expuestos a procesos de retrogresión en la sucesión vegetal puesto que se encuentran en estado de pastizales abiertos, determinando este hecho la presencia de especies invasoras que no pertenecen al clímax de la pradera.

A continuación se realiza una descripción de las comunidades vegetales identificadas en la microcuenca de Tintaya.

- **Comunidad vegetal de FEOR (Iral)**

La especie dominante en esta comunidad vegetal es la *Festuca orthophylla* Pilg., cuyo hábitat se encuentra entre los 3 500 y 4 400 m de altitud, la ubicación fitogeográfica es de pampas y lomas, se caracteriza por ser propio de zonas secas o xerofíticas. Este tipo de asociación se conoce como “Iral” o “Iru Ichu”. En estudios realizados en La Raya - Cusco, se ha llegado a determinar que esta comunidad vegetal está conformada generalmente por 16 especies, siendo las especies dominantes la *Festuca orthophylla* Pilg. y *Margiricarpus pinnatus*. La producción de biomasa alcanza a 2 924 kg MS/ha, siendo el porcentaje de Proteína Cruda de 8,7 y 3,8 en época de lluvias y secas, respectivamente.

Este tipo de asociación tienen enraizamiento que alcanza de 10,9 cm (D.E 5.6) la estrecha relación que existe entre la altura de la planta y profundidad de raíz, indica que a mayor altura promedio de planta se tiene

mayor profundidad en raíz, la densidad de plantas es de $669,3 \text{ Ind/m}^2$ (D.E. 80,1) la densidad de la planta está influenciada por la profundidad de raíz, lo que indica que a mayor profundidad de raíz se tendrá mayor densidad de plantas, el índice de área basal es de 77.7% (García R. 1994).

En la microcuenca de Tintaya, se han caracterizado 11 sitios de pastizal que conforman esta comunidad vegetal, representando el 42.96% de la microcuenca con 1 810,60 has de tierra. Los Irales en la zona de estudio, están ubicados en terrenos ondulados y laderas con pendientes hasta del 40% , en las altitudes que van desde los 3950 a 4 375 m caracterizado por ser terrenos xerofíticos con poca profundidad efectiva del suelo, así como también suelos con alta pedregosidad.

Figura N° 1 *Festuca orthophylla* Pilg.
(Figura tomada de <http://fm1.fieldmuseum.org/vrrc/>)



- **Comunidad vegetal de FEDO (Chilliwar)**

Son pastizales generalmente de zonas planas, subhúmedas y húmedas, con suelos profundos y con predominancia de especies como *Festuca dolichophylla* J. Presl. (Chilliwa o chilwa) *Muhlenbergia fastigiata* (grama o Chiji) y otras especies menores como *Hypochoeris taraxacoides* (pili). La presencia de gramíneas altas como la Chilliwa, crea un área sombreada que permite el desarrollo de un trébol nativo que prospera en las planicies (*Trifolium amabile*), mientras que el *Trifolium peruvianum* de flores algo rosadas, crece en las laderas de los suelos pedregosos. Como especies secundarias de esta comunidad vegetal se menciona la Ciperacea *Carex equadorica* y la Rosácea *Alchemilla pinnata*, que son muy palatables por el ganado ovino.

Figura N° 02: *Festuca dolichophylla* J. Presl.
(Figura tomada de <http://fm1.fieldmuseum.org/vrcc/>)



Su hábitat oscila entre los 3 600 y 4 400 m de altitud, la ubicación fitogeográfica es de lugares con topografía plana con una pendiente de 12% con drenaje regular, horizontes con buena acumulación de materia orgánica. El color del suelo es generalmente oscuro, la profundidad promedio del suelo efectivo es de 40 cm con una textura franco - arenosa, con un pH de 6,75 y una humedad de 98% constituyéndose como de zonas húmedas o hidrofíticas.

La producción de biomasa varía con la época del año y desarrollo fenológico de la planta, siendo 2 317.2 kg MS/ha, constituyendo la mayor fracción la *Festuca dolichophylla* J. Presl., el contenido de proteína cruda varía de 8.5 a 4.2% en época de lluvias y secas respectivamente, a este pastizal el poblador andino lo llama "Chilliguar o Q'oya".

Este tipo de asociación tiene enraizamiento profundo, llegando a alcanzar 15,3 cm con una desviación estándar (D.E.) de 8,8, siendo la densidad de plantas 626,2 Ind/m² (D.E. 132,8) existe correlación positiva y significativa entre la altura promedio de las especies con el porcentaje de área ocupada, sugiriendo este hecho que el porcentaje de área ocupada está influenciado por la altura de las plantas y la profundidad de raíz, el IAB es de 91.5% .

- **Comunidad vegetal de FERI (Ichal)**

Se desarrolla en zonas secas de suelos de ladera, con pendientes que varían entre 20 a 50% entre los 3 900 - 4 200 m de altitud, con buen drenaje, pedregosidad superficial moderada, acumulación de materia orgánica aceptable, color de suelo café oscuro, con una profundidad promedio de 17 cm, textura franco-arcillo-arenoso, pH 6,3 y una humedad del 85% , estas asociaciones son

muy diversificadas con más de 18 especies vegetales, siendo la especie de mayor significancia la *Festuca rigidifolia* Tovar., con porcentajes que fluctúan entre 17 a 34.7% dependiendo de la asociación vegetal, las especies más significativas en este tipo de comunidad son la *Festuca rigidifolia* Tovar., *Muhlenbergia fastigiata*, *Trifolium amabile*, *Alchemilla pinnata* y *Muhlenbergia peruviana*, a este tipo de pastizales se les conoce como “Ichales” o “pampa ichua”.

Figura N° 3 *Festuca rigidifolia* Tovar. Tovar.
(Figura tomada de <http://fm1.fieldmuseum.org/vtrc/>)



Se ha registrado hasta 4,408 kg MS/ha., con un contenido de proteína cruda de 9.2 y 3.7% para las épocas de lluvias y secas, respectivamente.

El enraizamiento de esta asociación alcanza 16 cm (D.E. 9,7) de profundidad; la altura de planta promedio en esta asociación es de 16,8 cm (D.E. 10,9) el que varía dependiendo de la época del año y utilización; presenta una densidad de plantas de 476,3 Ind/m² (D.E. 831,1) En esta asociación vegetal el porcentaje de área que ocupan las especies está influenciado por la altura de planta y la profundidad de la raíz, sin embargo a mayor número de especies presente se tendrá menor profundidad de la raíz, a mayor número de especies se tiene mayor densidad de plantas por m² pero a mayor profundidad de raíz se tendrá menor densidad de planta, el IAB es de 89.5% .

- **Comunidad vegetal de FEDO -PLATU (Chilliwa Ojho)**

Son pastizales de las zonas planas onduladas, que tienen suministro de agua durante todo el año, con suelos profundos y predominancia de especies como *Festuca dolichophylla* J. Presl. (Chilliwa o chilwa), *Plantago tubulosa*, comúnmente conocida como “Chilliwa ojho”, presenta una composición vegetal de 17 especies.

Su hábitat se encuentra entre los 3 200 y los 4 200 m de altitud, la ubicación fitogeográfica es de pampas onduladas, horizontes con buena acumulación de materia orgánica. El color del suelo es oscuro, se constituye como de zonas húmedas o hidrofíticas.

En este tipo de asociación se ha determinado valores para el índice forrajero de 91.5% , IAB de 92.4% y una producción de biomasa de 2,360 kg MS/ha.

La altura de plantas promedio en esta asociación es de 16,9 cm (D.E. 19,0) profundidad que alcanza la raíz es de 13,0 cm (D.E. 9,2) con una densidad de 3 338,1 Ind/m² (D.E. 4 207,0). El porcentaje de área ocupada está influenciada por el número de plantas por especie, altura promedio y la profundidad de la raíz, así como se encuentra asociado positivamente con la densidad de plantas; del mismo modo este tipo de asociación se tendrá que a mayor altura de plantas, habrá mayor profundidad de la raíz.

- **Comunidad vegetal de SCIRPUS RIGIDUS (CHI WAL)**

El hábitat de este pastizal oscila entre los 4 000 y 4 800 altitud, cuya posición fitogeográfica es el de las pampas cordilleranas, la denominación que se le da a este pastizal es el de “Chiwal” o “Totorilla”, dentro de las especies dominantes de esta asociación tenemos al *Scirpus rigidus* con un porcentaje de área ocupada de 33.3% , *Agrotis sp* con 5.7% presentando una composición vegetal de 20 especies. Algunos autores atribuyen que este tipo de pastizales es de zonas húmedas, aunque otros han encontrado este tipo de comunidades en zonas secas.

En este tipo de asociación se ha determinado valores para el IAB del 83.8% y una producción de biomasa de 1 5572,7 kg M S/ha.

El número de plantas por especie es de 438,0 Ind/m² (D.E. 587,1); altura de plantas promedio en esta asociación es de 8,4 cm (D.E. 6,7); profundidad que alcanza la raíz es de 12,1 cm /D.E. 6,0) El porcentaje de área ocupada está influenciada por una altura promedio de las especies y la profundidad de la raíz; por otra parte se tiene que a mayor número de plantas por especie, se tendrá mayor densidad, así mismo a mayor altura de plantas se tendrá mayor profundidad de raíz se tendrá menor densidad.



CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente capítulo, busca describir cada una de las actividades que se desarrollaron en este proyecto y los factores que entraron en consideración para la toma de decisiones al momento de elegir cada uno de los componentes. La experiencia descrita, hace mención al cumplimiento del Plan de Cierre de Mina y Revegetación que la empresa Xstrata Tintaya S.A. desarrolló, durante los años 1999, 2000 y 2001; como parte del cumplimiento a sus políticas corporativas, y los documentos guías con que se contaba a nivel nacional para este tipo de trabajos de rehabilitación y revegetación en operaciones mineras.

Los antecedentes para el desarrollo de estas actividades, se remontan a los años 1997 momento en el cual la empresa decide realizar una serie de estudios que ayuden a establecer ciertas características en la zona y que antes no se habían considerado como parte de los procesos extractivos de mineral. A la luz de las nuevas normas y regulaciones ambientales que se vinieron dando en esos años es que se da inicio a un proceso de adecuación y manejo del cierre de minas, considerando información relevante en el sector, estudios previos y experiencias de otras partes del mundo en este tipo de actividades.

Dicho plan, se ejecutó en dos etapas: El Plan Piloto de Revegetación y la Revegetación en Campo Definitivo. El primero tuvo como objetivo, establecer

que sustrato, especie y sistema de reproducción podría ser el más adecuado para la zona y las condiciones del terreno. El segundo buscaba validar el comportamiento de esta elección, bajo condiciones mucho más reales y establecer un costo promedio de revegetación por unidad de área. Ambos procesos apuntaban a devolver la belleza escénica del lugar y las condiciones ecológicas y de oferta biológica para las especies de fauna al momento del cierre y abandono de las operaciones mineras en la zona.

3.1 Ubicación geográfica

Nombre : Microcuenca de Tintaya – Ccamacmayo

Ubicación política

Departamento : Cusco

Provincia : Espinar

Distrito : Espinar

Ubicación Hidrográfica

Macrocuena : Río Apurímac

Cuenca : Río Salado

Microcuena : Riachuelos Tintaya y Ccamacmayo

Ubicación Geográfica

Coordenadas : 14°52' Latitud Sur, 71°20' Longitud Oeste

Altitud máxima: 4 630 m

Altitud mínima: 3 912 m

Altitud media: 4 271 m

Limites

Norte	:	Río Salado
Sur	:	Comunidad Huisa
Este	:	Comunidad Alto Huancané y Huano Huano
Oeste	:	Comunidad Bajo Huancané y Tintaya Marquiri

3.2 Determinación de la zona de trabajo

Para determinar la zona o zonas de trabajo se tomó en cuenta algunas consideraciones en base a la extensión del área disturbada y su proyección al cierre. Como lo describe el estudio de Consulcont S.A.¹³, en sus conclusiones, “Para el año 2000 la extensión total disturbada directamente por la industria minera será de 1,033 ha,” de las cuales 418 ha son de botaderos y 127 ha de relaves es decir que: el 53% del área disturbada corresponderá a estas zonas. Por tal razón es indispensable desarrollar acciones sobre estas áreas pese a que podrían inicialmente considerarse las de menor condición para el desarrollo de las plantas ya sea por sus características de textura, estructura, composición química y condiciones topográficas.

3.2.1 Caracterización de botaderos

Podemos caracterizar a los botaderos, bajo una composición mineralógica muy variada, la misma que obedece a las diferencias de los materiales depositados. Para Consulcont (1996), la composición de los botaderos está influenciada por el material originalmente depositado y puede corresponder

13 Consulcont S.A. 1997. Plan de revegetación para A áreas Disturbadas por la Actividad Minera, BHP Tintaya S.A

a lo que en agricultura se conoce como roca parental o material madre. Al no ser los minerales lo suficientemente ricos para ser explotados por ende tampoco constituyen fuente de elementos tóxicos para las plantas. En cuanto a la granulometría podemos ver que están constituidos por rocas, piedras, gravas y guijarros, la aglomeración de estos es tan grande que ya constituyen formas fisiográficas en forma de cerros.

Los minerales en Tintaya están presentes como sulfuro de cobre, chalcopirita y bornita la presencia de pirita y marcasita es muy pequeña, lo cual resulta en la ausencia de aguas ácidas en las filtraciones de los botaderos siendo el pH en los cursos de agua de 7.2 y 8.0.

3.2.2 Caracterización de relaves

Las características granulométricas de los relaves fueron caracterizadas por Consulcont (1997)¹⁴ las fracciones dominantes son las menores a 0.038 mm (33.64%) equivalentes a la fracción limo y las de tamaño de 0.212 mm de diámetro (21.13%) equivalente a la fracción arena media. La dominancia de la fracción más fina le dará a este material características físicas desfavorables relacionadas con la aireación, drenaje, permeabilidad, infiltración y tendencia a la compactación, dificultando el desarrollo radicular de la planta.

En el mismo documento se hace mención a la composición química del relave, el cual tiene una reacción alcalina, sin presencia de sales. Los contenidos

14 Consulcont S.A. 1997. Plan de revegetación para Áreas Disturbadas por la Actividad Minera, BHP Tintaya S.A.

de calcio (131.8 gKg^{-1}) y fierro (112.5 gKg^{-1}) se hallan en altas cantidades pero no generan problemas de toxicidad a la planta. El contenido de fierro es alto comparado con lo requerido por las plantas en condiciones normales. Sin embargo no se espera que sea absorbido en grandes cantidades ya que la revegetación se realizara en condiciones aerobias. Lo cual ocasionará que el fierro pase a la forma oxidada y precipite, disminuyendo su absorción.

Como conclusión podemos decir que se ha elegido trabajar en las zonas con mayor extensión, considerando sus limitaciones y requerimientos para el establecimiento de la vegetación. Es así que, para el caso de botaderos, se tomara en cuenta la granulometría, permeabilidad, topografía y para el caso de relaves se tomara en cuenta de igual forma la granulometría, aireación, impermeabilidad y la tendencia a la compactación.

CUADRO N° 04: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL RELAVE

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS			CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	
Diámetro (m m)	N-M alla	Peso (%)	Elemento Total	mg/kg ⁻¹
0.212	65	21.13	Fósforo disponible	6
0.15	100	10.27	Potasio	359
0.106	150	7.41	Sodio	200
0.074	200	11.26	Magnesio	4410
0.053	270	7.95	Calcio	131800
0.045	325	4.76	Cobre	3079
0.038	400	3.59	Zinc	74
<0.038	<400	33.64	Manganeso	2740
			Fierro	112460
			Cadmio	4
			Cromo	4
			Plomo	46
			Azufre	2000
			pH (unidad)	8
			CE (dS.m ⁻¹)	0.25-0.50
			CaCO ₃ (%)	18.5

Fuente: *Consulcont S.A. 1997 BHP Tintaya S.A. Plan de Revegetación para Áreas Disturbadas por la Actividad Minera*

3.3 Determinación de las especies

Para la determinación de las especies con las cuales se trabajaría se consideró aspectos como: altitud, predominancia, climatología, ecología, ciclos fisiológicos, posibilidades de acopio y potencial de recolección de semillas,

entre otros. Lo que se buscaba era tomar todos los aspectos precedentes y experiencias previas para poder establecer las especies que se adapten más rápidamente y cumplan también la función de; control de la erosión, palatabilidad y resistencia a los factores climatológicos de la zona.

3.3.1 Factores climáticos

En el estudio desarrollado por IIUR (1998)¹⁵ concluyen que; la evapotranspiración real durante el periodo de desarrollo de los pastos naturales (diciembre a abril) es de 418mm, menor a la evapotranspiración real total anual estimada en 927.28mm, por tanto no existe déficit de agua siendo innecesario regar las pasturas.

3.3.2 Condiciones ecológicas

En el mismo documento se concluye que; las gramíneas son las que predominan en los pastizales (35 especies) y las compuestas (22 especies) de un total de 112 especies. Predominando la especie *Festuca orthophylla* Pilg., seguida por la *Festuca dolichophylla* J. Presl. y *Festuca rigidifolia* Tovar. La comunidad vegetal que predomina son los “Irales” seguida por los “Ichaes” los cuales están ocupados por pastizales xerofíticos. Estas mismas comunidades de pastizales se ubican dentro de la clasificación de zonas áridas tomando en consideración la retención de humedad del sitio.

¹⁵ Instituto de Investigación Universidad y Región IIUR (1998). “Estudio Agrostológico de la Microcuenca de Tintaya”

3.3.3 Características fenológicas

Por último, la soportabilidad, estimada a partir de la producción de biomasa, para las diferentes comunidades vegetales es de 5.2 UO/ha/año. Y en cuanto a la evaluación de las semillas concluyen que; el rendimiento de *Festuca orthophylla* Pilg., es de 135 kg de semilla/ha, cuya pureza es de 18.5% y una emergencia de 11.1% .

Si queremos hablar del ciclo de vida de las especies, tenemos que la Universidad Nacional del Altiplano (1989)¹⁶, concluye que; todas las especies evaluadas (*Festuca dolichophylla* J. Presl.) cumplen su ciclo de eventos fenológicos (elongación, espigado, floración, semilleo y disseminación) entre octubre y marzo y a partir de junio entran en estado de hibernación hasta la próxima etapa de crecimiento.

3.3.4 Recomendaciones previas

El mismo autor IIUR (1997)¹⁷, menciona que la especie más prometedora para fines de revegetación es la maycha (*Senecio clivicolus*) debido a que se desarrolla sobre sustrato y condiciones adversas. La segunda en importancia es el Iru Ichu (*Festuca orthophylla* Pilg.), sobre todo para aquellos espacios con suelos disturbados y botaderos con material de desbroce. También presenta la ventaja de que puede ser propagado por semilla y trasplante.

16 Universidad Nacional del Altiplano Puno (1989). Resúmenes de Investigación en Pastos y Forrajes de la Región Sur Peruana”

17 Instituto de Investigación Universidad y Región (1997). “Levantamiento de Información Botánica de Resultados Experimentales de Revegetación con Caracterización de Especies para el Plan de Cierre de Mina”

Sin embargo para Consulcont (1996)¹⁸, en sus conclusiones sugiere usar las especies *Festuca orthophylla* Pilg. (Iru ichu) y *Stipa obtusa* (Tisña ichu)

Con todas estas consideraciones, se optó por trabajar con las especies que, nos pudieran dar la posibilidad de desarrollarse por encima de los 4000 msnm, en condiciones climáticas adversas en las cuales se vea limitado su crecimiento y desarrollo, que sean especies de la zona y que predominen en abundancia, reproducción y uso y sobre todo que mantengan las condiciones de belleza escénica del lugar.

Por lo cual, para el presente estudio se determinó trabajar con las siguientes especies:

- *Festuca orthophylla* Pilg. (Iral o Iru / Iru ichu / Paja Brava)
- *Festuca dolichophylla* J. Presl. (Chilligua / Chilligua / Cachu)
- *Festuca rigidifolia* Tovar. (Llama ichu / W aylla Ichu / Ichu)
- *Stipa ichu* R & P. (Ichu)
- *Medicago Sativa* L. (Alfalfa; como especie introducida)

3.4 Determinación de los sustratos

Considerando la textura y estructura tanto de botaderos como relaves, podemos ver que en ambos casos la posibilidad de una revegetación en forma directa sea cual fuere el sistema de propagación, se hacía difícil cuando no

18 Consulcont S.A. 1997. Plan de revegetación para Áreas Disturbadas por la Actividad Minera, BHP Tintaya S.A.

imposible. Por ello, se tuvo que establecer en base a las condiciones texturales del suelo; la oferta de sustratos en los alrededores, las posibilidades de acopio, durante la vida útil de la operación, el costo de recuperación y la demanda por cada uno de los sustratos de botaderos y relaves.

Una buena práctica que se viene desarrollando en el proceso de desarrollo del minado es el acopio y almacenamiento de suelo orgánico (top soil), que viene a constituir el perfil A y en algunos casos hasta el perfil B del suelo dependiendo de las características del mismo. Así mismo, durante el proceso de extracción de mineral en algunas zonas se encuentra roca alterada en la glaciación conocida como morrena, la misma que se tiene que extraer de todas maneras. El mismo relave y sus condiciones inertes para las plantas, podría constituir una alternativa en los procesos de revegetación en botaderos.

Es así que para el presente trabajo se determinó preliminarmente la utilización de los siguientes sustratos:

- Suelo orgánico
- Morrena
- Relave
- Abono de corral
- Arcilla

3.5 Determinación de los tipos de propagación.

La posibilidad de recolectar semillas de las especies seleccionadas mediante convenios con los mismos pobladores de las comunidades aledañas ya se ha probado y fue acogida por la población de buena manera, toda vez que, significa para ellos un ingreso adicional a sus actividades productivas y que no les demanda mucho tiempo salvo en la época de semillero de las plantas. Estas personas se encargan de su recolección, selección y almacenamiento en condiciones adecuadas para que no pierdan sus características y condiciones de reproducción.

Por otro lado, en los alrededores de la zona donde se desarrollaran los trabajos de revegetación se tienen ejemplares de las especies seleccionadas que fácilmente pueden ser extraídas, desmembradas y usadas como gajos para su reproducción vegetativa.

Estos dos aspectos, nos abre la posibilidad de usar los dos métodos de reproducción de manera experimental, es decir por medio de semilla botánica (semilla) y por medio de propagación vegetal (gajos o esquejes obtenidos del desmembramiento de una planta madre).

3.6 Determinación del tipo de riego

Como vimos líneas arriba, el déficit de agua para el mantenimiento de las plantas, coincide con su ciclo fisiológico lo cual hace prever que no se tendrá escases durante su germinación y desarrollo por lo cual se ha decidido desarrollar los trabajos en cultivos de secano, vale decir que solo contaremos

con la marcada época de lluvias (diciembre - abril) para poder establecer la planta e inducir la germinación de las semillas.

Como conclusión, podemos decir que las condiciones dadas para el establecimiento del pilotaje de revegetación son los siguientes, por la gran extensión que representan los botaderos de desmonte y relaves de mineral, estas zonas serán usadas para desarrollar el trabajo, las especies a usar son; cuatro nativas (*Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl., *Festuca rigidifolia* Tovar. *Stipa ichu*) y una introducida (*Medicago sativa* L.), la alternativa de usar sustratos o mezclas de ellos, se ha definido en base a la oferta en la zona siendo estos: suelo orgánico, morrenas, relave, abono de corral. El sistema a usar para su reproducción será tanto botánico como vegetativo bajo un sistema de cultivo de secano, dadas las condiciones de la zona y las características fisiológicas y fenológicas de las plantas.

3.7 Determinación de las parcelas

3.7.1 Diseño experimental

Para el desarrollo del presente trabajo se estableció el diseño completamente al azar con dos repeticiones. Para su establecimiento primeramente se tomó en consideración todas las variables del proyecto, es así que tomamos como interrogantes a comprobar, las siguientes:

¿Qué especies se adaptan mejor al medio?

¿Cuál es el método de reproducción más adecuado?

¿Cuál es la densidad de siembra y plantación óptimas para su desarrollo?

¿Cuál es el sustrato que favorece su germinación y crecimiento?

Con estas cuatro premisas se formuló el árbol de variables que entrarían en el proceso de validación del proyecto.

3.7.2 Distribución para botadero

En botaderos, como la granulometría del mismo no permitía desarrollar procesos de mezcla uniformes con los sustratos a introducir, se decidió colocar los mismos en forma de capas superpuestas los cuales deberían tener diferentes espesores y disposición de manera que puedan suponer una capa arable que pueda sostener y sustentar al sistema radicular de la planta en su máximo desarrollo.

De la misma forma, se determinó la distribución de las semillas y esquejes para el momento de la siembra, estableciendo la densidad de siembra y los distanciamientos de los esquejes entre fila y golpe.

Para todos estos casos la metodología usada fue crear arboles de variables (**Anexo 5**) de manera que estas pudieran ser trazadas, para luego desarrollar un cuadro con la nomenclatura a usar durante los procesos sucesivos a la distribución de parcelas y siembra de las especies. Por otro lado, para el proceso de monitoreo era de vital importancia el establecer códigos para facilitar el mismo. (**Anexo 6**)

CUADRO N° 05: DISTRIBUCIÓN DE SUSTRATOS EN BOTADERO DE
DESMONTE

DISTRIBUCIÓN DE SUSTRATOS EN BOTADEROS DE DESMONTE							
BASE	1ra. CAPA			2da CAPA			Nomenclatura
	< 10cm	10cm	20cm	<10cm	10cm	20cm	
DESMONTE BOTADERO							B
	Suelo orgánico	-	-		-		B-SO <10
	-	Suelo orgánico	-		-		B-SO 10
	-	-	Suelo orgánico		-		B-SO 20
	Morrena	-	-		-		B-M O <10
	-	Morrena	-		Suelo orgánico		B-M O-SO 10
	-	Morrena	-		Arcilla		B-M O-AR 10
	-	-	Morrena		-		B-M O 20

Donde:

B = Botadero

SO = Suelo orgánico

M O = Morrena

AR = Arcilla

<10= menos de 10 centímetros de espesor

10= 10 centímetros de espesor

20= 20 centímetros de espesor

Conforme se fue desarrollando el proceso de acopio de semillas, empezamos a notar que existía deficiencia de algunas especies que podrían obstaculizar lo planeado inicialmente; finalmente se decide usar para la siembra

en botaderos y relaves una asociación de las especies de Feri, Fedo y Feor y para reproducción por esquejes en botaderos y relaves se utilizó las especies *Stipa ichu* y *Stipa obtusa* respectivamente. Aspectos que se ven reflejados en los cuadros de distribución de siembra y plantación

CUADRO N° 06: DISTRIBUCIÓN DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN BOTADEROS

DISTRIBUCIÓN DE DENSIDAD DE SIEMBRA EN BOTADEROS DE DESMONTE						
BASE	ESPECIE	DENSIDAD				Nomenclatura
		20kg/ha	40 kg/ha	50 kg/ha	60 kg/ha	
BOTADERO DESMONTE	FERI	X				BS-FERI-20
			X			BS-FERI-40
				X		BS-FERI-50
					X	BS-FERI-60
	FEOR	X				BS-FEOR-20
			X			BS-FEOR-40
				X		BS-FEOR-50
					X	BS-FEOR-60
	FEDO	X				BS-FEDO-20
			X			BS-FEDO-40
				X		BS-FEDO-50
					X	BS-FEDO-60
	ASOS	X				BS-ASOS-20
			X			BS-ASOS-40
				X		BS-ASOS-50
					X	BS-ASOS-60

Donde

B = Botadero

S = Semilla

FERI = *Festuca rigidifolia* Tovar.

FEOR = *Festuca orthophylla* Pilg.

FEDO = *Festuca dolichophylla* J. Presl.

ASOS = Asociados

20 = 20 kg por hectárea de semilla

40 = 40 kg por hectárea de semilla

50 = 50 kg. Por hectárea de semilla

60 = 60 kg. Por hectárea de semilla

CUADRO N° 07: DISTANCIAMIENTO DE ESQUEJES ENTRE GOLPE, EN BOTADEROS

DISTRIBUCIÓN DE DISTANCIAMIENTO DE ESQUEJES EN BOTADEROS DE DESMONTE							
BASE	ESPECIE	ESQUEJE/PLANTA MADRE	DISTANCIAMIENTO ENTRE PLANTA				NOMENCLATURA
			50 cm	30 cm	20 cm	10 cm	
BOTADERO DESMONTE	FERI	1/1	X				BP-FERI-50
		2/1		X			BP-FERI-30
		4/1			X		BP-FERI-20
		6/1				X	BP-FERI-10
	FEOR	1/1	X				BP-FEOR-50
		2/1		X			BP-FEOR-30
		4/1			X		BP-FEOR-20
		6/1				X	BP-FEOR-10
	FEDO	1/1	X				BP-FEDO-50
		2/1		X			BP-FEDO-30
		4/1			X		BP-FEDO-20
		6/1				X	BP-FEDO-10
	STIC	1/1	X				BP-STIC-50
		2/1		X			BP-STIC-30
		4/1			X		BP-STIC-20
		6/1				X	BP-STIC-10

Dónde:

B = Botadero

P = Plantación

FERI = *Festuca rigidifolia* Tovar.

FEOR = *Festuca orthophylla* Pilg.

FEDO = *Festuca dolichophylla* J. Presl.

STIC = *Stipa ichu*

50 = de planta madre se saca un esqueje y se planta a 50cm por golpe

30 = de planta madre se saca dos esquejes y se planta a 30cm por golpe

20 = de planta madre se saca cuatro esquejes y se planta a 20cm por golpe

10 = de planta madre se saca seis esquejes y se planta a 10cm por golpe

3.7.3 Distribución para relaves

CUADRO N° 08: DISTRIBUCIÓN DE SUSTRATOS EN RELAVES

DISTRIBUCIÓN DE SUSTRATOS EN RELAVES					
BASE	RELAVE	SUSTRATOS			NOMENCLATURA
	%	Estiercol	Suelo Orgánico	Morrena	
RELAVE	100%				R-100
	75%	25%			R-ES-25
	75%		25%		R-SO-25
	75%			25%	R-M-25
	70%	30%			R-ES-30
	70%		30%		R-SO-30
	70%			30%	R-MO-30
	50%	50%			R-ES-50
	50%		50%		R-SO-50
	50%			50%	R-SO-50
	30%	70%			R-ES-70
	30%		70%		R-SO-70
	30%			70%	R-MO-70

Dónde:

R = Relave

ES = Estiercol

SO = Suelo Orgánico

MO = Morrena

25 = en 75% de relaves se adiciono 25% de sustrato

30 = en 70% de relave se adiciono 30% de sustrato

50 = en 50% de relave se adiciono 50% de sustrato

70 = en 30% de relave se adiciono 70% de sustrato

CUADRO N° 09: DISTRIBUCIÓN DE LA DENSIDAD DE
SIEMBRA DE SEMILLAS EN RELAVES

DISTRIBUCIÓN DE DENSIDAD DE SIEMBRA EN RELAVES						
BASE	ESPECIE	DENSIDAD				NOMENCLATURA
		20 kg/ha	40 kg/ha	50 kg/ha	60 kg/ha	
RELAVES	FERI	X				RS-FERI-20
			X			RS-FERI-40
				X		RS-FERI-50
					X	RS-FERI-60
	FEOR	X				RS-FEOR-20
			X			RS-FEOR-40
				X		RS-FEOR-50
					X	RS-FEOR-60
	FEDO	X				RS-FEDO-20
			X			RS-FEDO-40
				X		RS-FEDO-50
					X	RS-FEDO-60
	ASOS	X				RS-ASOS-20
			X			RS-ASOS-40
				X		RS-ASOS-50
					X	RS-ASOS-60
	ALFA	15 kg/ha	20 kg/ha	25 kg/ha	30 kg/ha	
		X				RS-ALFA-15
			X			RS-ALFA-20
				X		RS-ALFA-25
				X	RS-ALFA-30	

Dónde:

R = Relave

S = Semilla

FERI = *Festuca rigidifolia* Tovar.

FEOR = *Festuca orthophylla* Pilg. Pilg.

FEDO = *Festuca dolichophylla* J. Presl.

ASOS = Asociado

ALFA = Alfalfa (*Medicago sativa* L.)

20 = 20 kg por hectárea de semilla

40 = 40 kg por hectárea de semilla

50 = 50 kg por hectárea de semilla

60 = 60 kg por hectárea de semilla

15 = 15 kg por hectárea de semilla de alfalfa

20 = 20 kg por hectárea de semilla de alfalfa

25 = 25 kg por hectárea de semilla de alfalfa

30 = 30 kg por hectárea de semilla de alfalfa

CUADRO N° 10 DISTRIBUCIÓN DE DISTANCIAMIENTO DE
ESQUEJES POR GOLPE EN RELAVES

DISTRIBUCIÓN DE DISTANCIAMIENTO DE ESQUEJES EN RELAVES							
BASE	ESPECIE	ESQUEJE/PLANTA MADRE	DISTANCIAMIENTO ENTRE PLANTA				NOMENCLATURA
			50cm	30cm	20cm	10cm	
RELAVES	FERI	1/1	X				RP-FERI-50
		2/1		X			RP-FERI-30
		4/1			X		RP-FERI-20
		6/1				X	RP-FERI-10
	FEOR	1/1	X				RP-FEOR-50
		2/1		X			RP-FEOR-30
		4/1			X		RP-FEOR-20
		6/1				X	RP-FEOR-10
	FEDO	1/1	X				RP-FEDO-50
		2/1		X			RP-FEDO-30
		4/1			X		RP-FEDO-20
		6/1				X	RP-FEDO-10
	SOBT	1/1	X				RP-SOBT-50
		2/1		X			RP-SOBT-30
		4/1			X		RP-SOBT-20
		6/1				X	RP-SOBT-10

Dónde:

R = Relave

P = Plantación

FERI = *Festuca rigidifolia* Tovar.

FEOR = *Festuca orthophylla* Pilg.

FEDO = *Festuca dolichophylla* J. Presl.

SOBT = *Stipa obtusa*

50 = de planta madre se saca un esqueje y se planta a 50cm por golpe

30 = de planta madre se saca dos esquejes y se planta a 30cm por golpe

20 = de planta madre se saca cuatro esquejes y se planta a 20cm por golpe

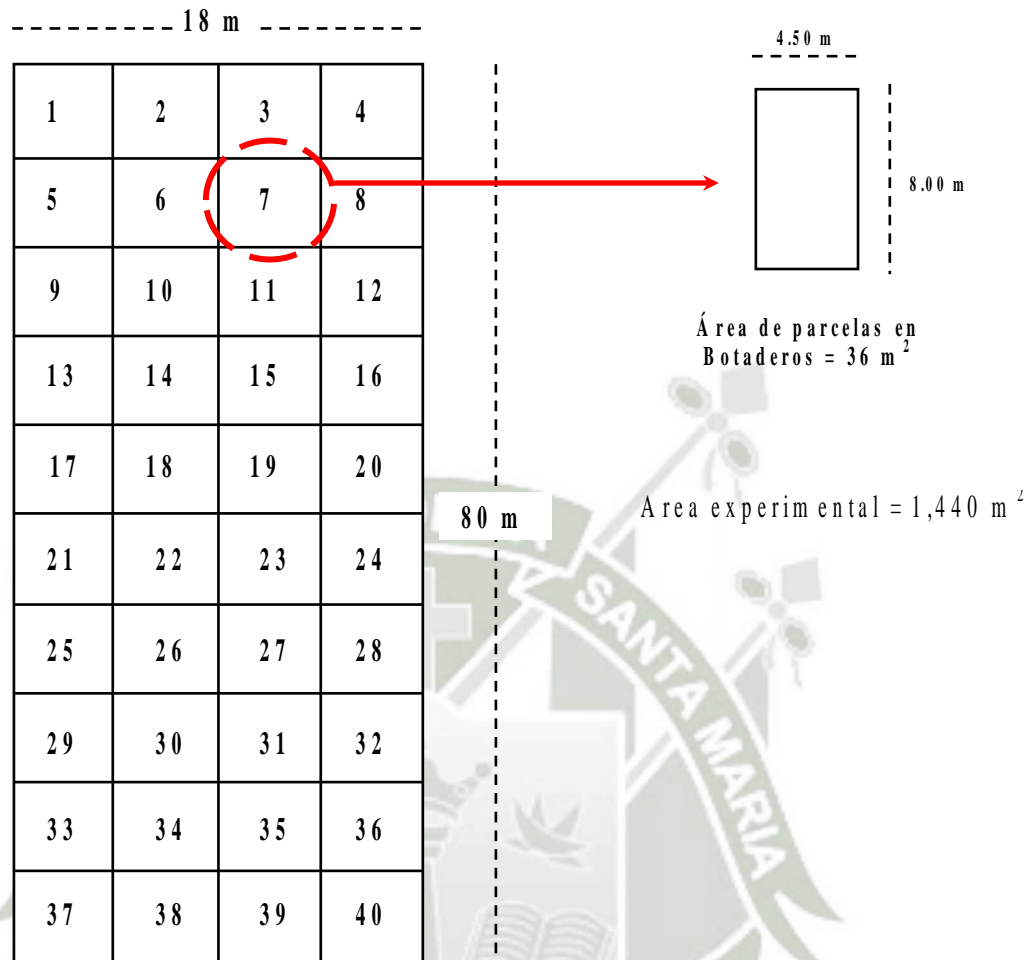
10 = de planta madre se saca seis esquejes y se planta a 10cm por golpe

3.8 Implementación de las parcelas

3.8.1 En botaderos

Dentro del área de botaderos (41.32 ha) se implementó un área experimental total de 1.29 ha, distribuidos en nueve tratamientos, cada uno de los cuales tuvo una extensión de 1,440 m², cada tratamiento a su vez se subdividió en 40 parcelas de 36 m².

FIGURA N° 4: DISTRIBUCIÓN Y DIMENSIONES DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES EN BOTADEROS



Estas parcelas fueron acondicionadas en zonas planas o con pendientes no muy pronunciadas (5%), para evitar problemas erosivos en la época de lluvia y ayudar a la retención de humedad.

CUADRO N° 11: NOMENCLATURA Y CÓDIGO
DE COLORES PARA BOTADEROS

NUMERACIÓN DE TRATAMIENTOS		
BOTADERO	B	5
	B-SO <10	6
	B-SO 10	7
	B-SO 20	8
	B-M O <10	3
	B-M O -SO 10	1
	B-M O -AR 10	2
	B-M O 20	4

ESQUEJE	
BP-FERI-50	
BP-FERI-30	
BP-FERI-20	
BP-FERI-10	
BP-FEOR-50	
BP-FEOR-30	
BP-FEOR-20	
BP-FEOR-10	
BP-FEDO-50	
BP-FEDO-30	
BP-FEDO-20	
BP-FEDO-10	
BP-STIC-50	
BP-STIC-30	
BP-STIC-20	
BP-STIC-10	

SEMILLA	
BS-FERI-20	
BS-FERI-40	
BS-FERI-50	
BS-FERI-60	
BS-FEOR-20	
BS-FEOR-40	
BS-FEOR-50	
BS-FEOR-60	
BS-FEDO-20	
BS-FEDO-40	
BS-FEDO-50	
BS-FEDO-60	
BS-ASOS-20	
BS-ASOS-40	
BS-ASOS-50	
BS-ASOS-60	

Se tuvo que establecer una nomenclatura desde el inicio que nos ayudara durante todo el proceso de seguimiento y monitoreo de las parcelas. Tal es así que como vemos en el cuadro # 11 se le asignó un número al azar a cada una de las mezclas de sustrato que van del 1 al 8, que vendrían a representar el número de tratamientos. Seguidamente, para el proceso de siembra (BS) y plantación (BP), se adjunta la especie y su densidad, estableciéndose una fórmula como por ejemplo:

BS-FERI-40 = Sustrato + tipo de propagación + especie + densidad

Lo cual se puede leer de la siguiente manera: en el sustrato botadero (B), con una propagación de semilla (S), se ha sembrado la especie *Festuca rigidifolia* Tovar. (FERI), con una densidad de siembra de 40 Kg/ha (40).

Una vez establecidos los sustratos, la especie y el tipo de propagación con su densidad, se procedió a la distribución en terreno para lo cual se tuvo que realizar nuevamente una leyenda que ayudara en el proceso de distribución tanto en gabinete como en campo.

CUADRO N° 12:
CÓDIGO DE PARCELAS

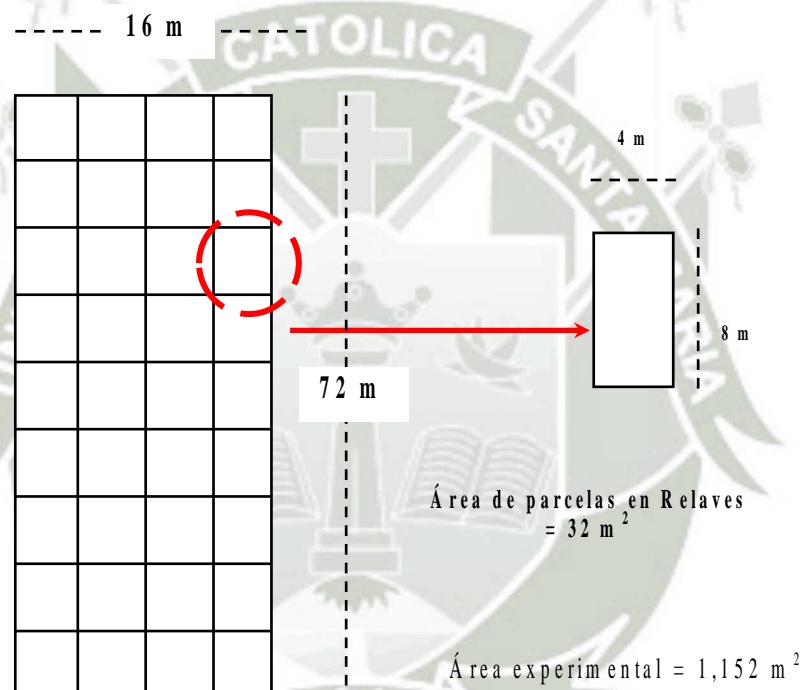
# parcela	Código siembra
Código plantación	

Cada tratamiento en base al sustrato, se sub dividió en 40 parcelas, las cuales podrían contener al azar cualquiera de los códigos de esqueje o semilla, tipo de especie y las diferentes densidades. Las distribuciones de las parcelas a detalle se muestran en los cuadros del **Anexo 7**.

3.8.2 En relaves

Para el caso de relaves, se implementó un área total de $4,608 \text{ m}^2$ (0.46 ha) área ubicada por debajo de la presa de emergencia en la parte sur de la presa principal. Se diseñó la implementación de cuatro parcelas con un área de $1,152 \text{ m}^2$, las mismas que se sub dividen en 36 parcelas de 32 m^2 , cada una.

FIGURA N° 5: DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DE LAS PARCELAS EXPERIMENTALES EN RELAVES



La particularidad que tuvieron estas parcelas experimentales fue que tres de ellas se usaron con mezcla de los diferentes sustratos y la cuarta solo con relaves la cual paso a ser nuestro testigo (este proceso se justifica por cuestiones operativas ya que se hacía difícil trabajar sobre 32 m^2 sin que las parcelas aledañas sean afectadas con la influencia de los sustratos adicionales).

CUADRO N° 13: NOMENCLATURA Y CÓDIGO DE
COLORES PARA RELAVES

NUMERACIÓN DE TRATAMIENTOS		
RELAVE	R-100	13
	R-M O -100	1
	R-M O -70	2
	R-M O -50	3
	R-M O -30	4
	R-ES-100	5
	R-ES-70	6
	R-ES-50	7
	R-ES-30	8
	R-SO -100	9
	R-SO -70	10
	R-SO -50	11
	R-SO .30	12

ESQUEJE	
RP-FERI-50	
RP-FERI-30	
RP-FERI-20	
RP-FERI-10	
RP-FEOR-50	
RP-FEOR-30	
RP-FEOR-20	
RP-FEOR-10	
RP-FEDO-50	
RP-FEDO-30	
RP-FEDO-20	
RP-FEDO-10	
RP-SOBT-50	
RP-SOBT-30	
RP-SOBT-20	
RP-SOBT-10	

SEMILLA	
RS-FERI-30	
RS-FERI-40	
RS-FERI-50	
RS-FERI-60	
RS-FEOR-30	
RS-FEOR-40	
RS-FEOR-50	
RS-FEOR-60	
RS-FEDO-30	
RS-FEDO-40	
RS-FEDO-50	
RS-FEDO-60	
RS-ASOS-30	
RS-ASOS-40	
RS-ASOS-50	
RS-ASOS60	
RS-ALFA-15	
RS-ALFA-20	
RS-ALFA-25	

De igual forma, se tuvo que establecer una nomenclatura desde el inicio que nos ayudara durante todo el proceso de seguimiento y monitoreo de las parcelas. Asignándole un número al azar a cada una de las mezclas de sustrato que van del 1 al 13, que vendrían a representar el número de tratamientos. Seguidamente, para el proceso de siembra (RS) y plantación (RP), se adjunta la especie y su densidad, estableciéndose una fórmula como por ejemplo:

RS-FERI-40 = Sustrato + tipo de propagación + especie + densidad

Lo cual se puede leer de la siguiente manera: en el sustrato Relave (R), con una propagación de semilla (S), se ha sembrado la especie *Festuca rigidifolia* Tovar. (FERI), con una densidad de siembra de 40 Kg/ha (40).

Una vez establecidos los sustratos, la especie y el tipo de propagación con su densidad, se procedió a la distribución en terreno para lo cual se tuvo que realizar nuevamente una leyenda que ayudara en el proceso de distribución tanto en gabinete como en campo.

**CUADRO N° 14:
CÓDIGO DE PARCELAS**

parcela
Código Siembra
parcela
Código plantación

Cada tratamiento en base al sustrato, se subdividió en 160 parcelas, las cuales podrían contener al azar cualquiera de los códigos de esqueje o semilla,

tipo de especie y las diferentes densidades con 4 repeticiones. Las distribuciones de las parcelas a detalle se muestran en los cuadros del **Anexo 08**.

3.9 Labores de campo para la instalación del experimento.

3.9.1 Incorporación de sustratos

El proceso de incorporación de sustratos en ambos casos fue un trabajo novedoso y muy tedioso en la medida que debíamos mantener las variables de sustrato y todas sus combinaciones de manera constante para evitar desviaciones al momento de la incorporación de las semillas y esquejes.

3.9.1.1 Botadero

Para el caso del botadero se tuvo inicialmente que buscar zonas de baja pendiente, debemos tener presente que cuando un botadero llega a su límite final este es dejado con una plataforma amplia la cual es bien compactada por el mismo tránsito de los camiones y equipos mueve tierra. Sobre este desmonte no se realizó ningún tipo de trabajo adicional.

Los sustratos usados fueron incorporados de manera laminar con espesores de menos de 10cm y un máximo de 20cm, el proceso de incorporación se realizó de manera manual con personal contratado específicamente para este fin y que en su mayoría eran personas de la zona, las cuales sabían de trabajos agrícolas

3.9.1.2 Relaves

En relaves el proceso de incorporación de sustratos se tornó un tanto más dificultado que los mismos serían incorporados en proporciones y mezclados de manera que queden uniformes y pasen a constituir parte del mismo relave.

En este caso, tampoco se hizo uso de maquinaria agrícola, solo se usó lampas y picos para remover el relave una vez cubicado y de manera proporcional según las especificaciones se incorporaba el sustrato para ser mezclado por los trabajadores y formar un nuevo sustrato uniforme y representativo de las proporciones dadas.

3.9.2 Método de propagación

Los métodos tradicionales de implantación de la vegetación son la plantación y la siembra. La conveniencia de utilizar uno u otro método depende de ciertos factores que pueden resultar limitantes para la ejecución de las diversas técnicas, el tipo de vegetación que se va a implantar y los objetivos de revegetación que se pretenden conseguir mediante el empleo de la vegetación.

Para el caso y las especies; *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. *Festuca rigidifolia* Tovar. *Stipa ichu* vamos a emplear ambos sistemas de reproducción, dado que los antecedentes han demostrado que ambos son viables, en las condiciones climáticas del entorno y se espera que los sustratos establecidos puedan dar el soporte y la sostenibilidad necesaria para que ambos métodos puedan establecerse de manera exitosa.

3.9.2.1 Propagación por semilla botánica

La semilla botánica es aquella que se obtiene del proceso de reproducción sexual de la planta y que se tiene que esperar que pasen las fases de fertilización natural, desarrollo de la semilla y madurez, para poderla recolectar. La recolección de semillas se desarrolló entre los meses de junio a agosto con colaboración de los pobladores de las comunidades aledañas quienes fueron entrenados en la recolección, selección y conservación de las semillas para evitar que pierdan sus propiedades de viabilidad y germinación al momento de ser usadas.

3.9.2.2 Propagación vegetativa (esqueje)

La semilla vegetativa es aquella que se obtiene de separar una parte de la planta para forzarla a su enraizamiento y establecimiento en suelo definitivo, con este sistema se logra que las plantas puedan establecerse rápidamente y además su desarrollo y cobertura ayudan a controlar los procesos erosivos del suelo por efectos de la lluvia y el viento.

Para el caso se usó las plantas madre de los alrededores, las cuales eran recolectadas por una cuadrilla de trabajadores, luego se procedía a dividir el área basal en partes iguales, para convertirse en semilla vegetativa que para efectos del estudio serán llamados “esquejes”

3.9.3 Siembra y plantación

3.9.3.1 En botaderos

3.9.3.1.1 Preparación del suelo

Para la preparación del suelo en botaderos, dado que como mencionamos anteriormente la incorporación de sustratos se hizo de manera laminar, es decir por capas, en la medida de lo posible se tenía que evitar mezclar las mismas al momento de la siembra, tal es así que; este proceso de incorporación por capas paso a ser la labranza primaria del terreno.

Antes de la siembra y como parte de la labranza secundaria del terreno se procedió a nivelar y mullir el suelo con un rastrillo considerando que la semilla solo requería de no más de 5cm de profundidad para su incorporación al suelo.

3.9.3.1.2 Siembra

Una vez realizada la labranza secundaria se procedió a esparcir las semillas al voleo de manera uniforme y directa (sin mezclas para mejorar su distribución), posteriormente se le paso nuevamente rastrillo de manera superficial tratando de tapar las semillas, este proceso se repitió dos veces en forma cruzada para asegurar su distribución y tapado. La siembra se realizó al inicio de la época de lluvias.

3.9.3.1.3 Plantación

Para la plantación por esquejes, después de hacer la labranza primaria, es decir la incorporación de los sustratos por capas el terreno ya estaba listo para proceder a la plantación de esquejes.

El distanciamiento entre filas fue de 50cm y lo único que variaba era el distanciamiento entre golpes los cuales estaban en un rango de 10 y 50cm respectivamente. Para la plantación se hacían hoyos de no más de 15cm de profundidad donde se colocaba el esqueje y luego se procedía a echar tierra en los alrededores tratando de tapar las raíces y apisonando para darle consistencia al esqueje y evitar que el sistema radicular contenga demasiado aire al momento de incorporar el agua. La plantación se realizó al inicio de la época de lluvias.

3.9.3.1.4 Aplicación de enmiendas y abonamiento

Para ninguno de los casos se hizo uso de enmiendas y abonamientos en ningún estadio de la planta, tan solo se dejó que estas desarrollaran bajo las condiciones establecidas por los sustratos al momento de la siembra o plantación según sea el caso.

3.9.3.1.5 Cuidados culturales

Las especies de pastos nativos, no requieren de cuidados culturales como podría darse en cualquier cultivo agrícola, dado que este tiene una gran predominancia en la zona y lo que se quiere lograr es formar comunidades vegetales que se mimeticen con la zona aledaña. Por lo cual no se contempla

realizar deshierbo ni controles de plagas y/o enfermedades durante todo el tiempo que dure el trabajo.

3.9.3.1.6 Riego

Durante el tiempo que dure el trabajo experimental no se contempla realizar riegos porque, parte de las condiciones previamente establecidas es ver cómo se comportan estas especies con solo riego por secano (aprovechamiento de la temporada de lluvias, sin manipulación directa del hombre salvo al momento de la adecuación del terreno en la siembra)

3.9.3.2 En relaves

3.9.3.2.1 Preparación del suelo

En el caso de relaves la labranza primaria del suelo se desarrolló al momento de hacer las mezclas de sustratos con relave y previo a la siembra se desarrolló una labranza secundaria con rastrillos de manera cruzada para lograr mullir el suelo y crear pequeñas cavidades donde se puedan depositar las semillas al momento de la siembra

En el caso de la plantación el tratamiento del suelo fue igual a lo detallado líneas arriba. Todos los trabajos se desarrollaron de manera manual sin uso de maquinaria agrícola.

3.9.3.2.2 Siembra

Una vez desarrollada la labranza secundaria, se procedió a incorporar la semilla al voleo, tratando que esta sea esparcida de manera uniforme en la

superficie del suelo. Posteriormente se procedió a tapar las semillas mediante la pasada de rastrillo en forma cruzada.

3.9.3.2.3 Plantación

La plantación se desarrolló de manera directa una vez desarrollada la labranza secundaria, procediendo a la apertura de hoyos con un distanciamiento entre líneas de 50cm y entre golpe según las especificaciones dadas previamente en rangos que van desde 10 hasta 50 cm .

Posteriormente se hizo el tapado y apisonamiento alrededor de los esquejes tratando que estos queden bien consolidados en el suelo para que puedan soportar el agua de lluvia y evitar que se pudra el sistema radicular por la acumulación de agua a nivel de raíz.

3.9.3.2.4 Aplicación de enmiendas y abonamiento

Para ninguno de los casos se hizo uso de enmiendas y abonamientos en ningún estadio de la planta, tan solo se dejó que estas desarrollaran bajo las condiciones establecidas por los sustratos al momento de la siembra o plantación según sea el caso

3.9.3.2.5 Cuidados culturales

Las especies de pastos nativos, no requieren de cuidados culturales como podría darse en cualquier cultivo agrícola, dado que este tiene una gran predominancia en la zona y lo que se quiere lograr es formar comunidades vegetales que se mimeticen con la zona aledaña. Por lo cual no se contempla

realizar deshierbo ni controles de plagas y/o enfermedades durante todo el tiempo que dure el trabajo

3.9.3.2.6 Riego

Durante el tiempo que dure el trabajo experimental no se contempla realizar riegos por qué parte de las condiciones previamente establecidas es ver cómo se comportan estas especies con solo riego por secano (aprovechamiento de la temporada de lluvias, sin manipulación directa del hombre salvo al momento de la adecuación del terreno en la siembra).

3.10 Proceso de monitoreo y medición

Para el proceso de monitoreo y medición de los resultados en campo se tuvo que establecer una frecuencia de monitoreo para la etapa de germinación y prendimiento que fue de quince días. Posteriormente para la etapa de desarrollo de la planta la frecuencia de medición fue mensual, dado que el desarrollo de las plantas por sus características y respuesta al medio ambiente es mucho más lento.

Estas mediciones se hicieron, estableciendo áreas al azar mediante un cuadrado de 50x50cm., el cual se lanzaba al interior de cada parcela, el área demarcada por el cuadrado pasaba a ser la zona donde se establecerían las mediciones permanentemente, durante todo el proceso del estudio.

Todas las plantas tenían la misma posibilidad de ser muestreadas durante toda su etapa de desarrollo, salvo las que eran extraídas del suelo para poder medir el desarrollo a nivel radicular que solo representaba una por vez.

3.10.1 Variables a considerar

3.10.1.1 En la etapa de desarrollo

En esta etapa se diferenciaron los estadios de la planta en cuanto a su desarrollo vegetativo, por tanto para la etapa de:

- Desarrollo; se midió
 - o # de hojas
 - o Altura de planta
 - o Cobertura
 - o # de muestras

Para el registro de los datos en campo se elaboraron fichas de registro con datos preestablecidos que facilitaron el manejo de la información. Dichas hojas de registro se muestran a manera de ejemplo, en el Anexo 9.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1 Sobre la viabilidad económica

Una vez realizados los trabajos de validación de sustratos y especies más recomendables para desarrollar trabajos de revegetación, se estableció, estimar los costos de implementación de estos en terreno definitivo, para lo cual se hicieron algunos cálculos iniciales con los resultados preliminares y con estándares de trabajo preestablecidos.

Posteriormente se hicieron trabajos de revegetación llevando el control estricto de los costos para validar la información preliminar y poder establecer costos unitarios para los procesos de revegetación de áreas disturbadas por la actividad minera.

En este capítulo vamos a detallar la secuencia de tareas, las condiciones básicas y los costos que implican establecer pastos nativos en botaderos de desmonte de mina bajo condiciones en las cuales son dejados por la operación una vez que estos llegan a su límite final.

4.1.1 Acopio de suelo orgánico

El proceso de acopio de suelo orgánico se inicia con el establecimiento de áreas a intervenir ya sea por accesos, botaderos u otros componentes que se deben instalar sobre una superficie en la cual actualmente existen pastos naturales y suelo con textura adecuada para el sostén y sostenibilidad de la planta. Este suelo debe ser recuperado y transportado a lugares en los cuales será almacenado hasta que llegue el momento de usarlos para los procesos de cierre y rehabilitación de áreas.

El costo de esta tarea ya fue previamente establecido mediante los trabajos de recuperación y transporte que se viene realizando a lo largo de la vida de la mina, el mismo que depende básicamente de; la distancia entre el lugar de recuperación y la zona de almacenamiento, el acceso a la zona de recuperación y la disponibilidad de suelo a extraer.

En promedio podemos decir que estos costos van en rango de S/4.7 por m^3 a S/3.97 por m^3 , dependiendo de las consideraciones antes mencionadas

4.1.2 Recolección y acopio de semillas

La recolección de semillas, se presume que en todos los casos y con fines de apoyo a la comunidad debe hacerse mediante las comunidades quienes podrán comercializar estos productos por intermedio de las Empresas Comunales de la zona.

En la medida de lo posible se debe evitar guardar las semillas más de un año, ya que no se ha establecido la viabilidad de las mismas, las condiciones de

almacenamiento deben ser bajo techo a temperatura ambiente y con bastante aireación. Bajo estas condiciones la recolección en las comunidades se debe hacer en la floración previa a la campaña de siembra

Según estudios de IIUR (1998)¹⁹, es posible obtener semillas de Festuca en un rango de 30 a 50 kilos por ha y una persona puede recolectar en promedio 2 kg por día.

Los costos de las semillas puestas en el lugar de acopio, se han establecido en base a los precios pagados para la campaña experimental, lo cual podría variar en el tiempo en base a la oferta y la demanda, por lo cual se requiere establecer condiciones claras desde un inicio para evitar problemas con la población.

El costo de un kilogramo de semilla de pasto natural al momento de este trabajo se ofertaba a S/.12.7

4.1.3 Perfilado y nivelación del terreno

Para el perfilado debemos considerar que los taludes de botaderos al entrar en su fase final quedan con una pendiente promedio natural de 37°, y con el fin de evitar la erosión, darle mejores condiciones de estabilidad a las plantas y suelo se tiene que bajar la pendiente a un promedio de 22°. Este proceso se desarrolla mediante el método de corte relleno. Pero cuando la altura de la pendiente es demasiado larga esto nos obliga a establecer bancos cada 30

19 Instituto de Investigación Universidad y Región (1998) IIUR: Formulación del Plan de Revegetación para el PAMA Eléctrico,

metros, con zanjas internas en la base del talud para direccionar las aguas de escorrentía y evitar la erosión.

Una vez perfilado el terreno se procede a la nivelación evitando hondonadas y direccionando el drenaje de las aguas hacia zonas más estables y de baja pendiente, este aspecto es determinante para evitar la erosión por escorrentías.

Los costos unitarios para este trabajo fueron calculados para una hectárea en S/4,922.58 considerando equipos mueve tierra de diferente potencia dependiendo de los trabajos a realizar (CAT D9, D8 y D6).

4.1.4 Transporte y establecimiento del sustrato

Como mencionáramos líneas arriba el suelo orgánico se encuentra almacenado en diferentes zonas de acopio las cuales se ubican en los alrededores de los botaderos de desmonte, por lo cual para los trabajos de revegetación se tienen que transportar y descargar de manera equidistante tomando en consideración el espesor, el área, la pendiente y las condiciones del terreno. Posteriormente este material se extiende con equipo mueve tierra de manera uniforme.

Los equipos básicos para este trabajo considerados para la determinación del costo unitario fueron: cargador frontal, volquetes y tractor de orugas CAT-

D6. Para el caso del costo unitario por transporte este se ha calculado en S/.
 $0.35/m^3$

4.1.5 Siembra

La siembra se hará por semillas, al boleó y de manera manual con personal contratado de la zona. Se calcula que para sembrar una hectárea se requiere de 17 jornales por día.

La densidad de siembra de pastos nativos es de 30kg/ha, en un sustrato de suelo orgánico con un espesor promedio de 15cm, y las herramientas básicas a usarse serán; carretillas, rastrillos, picos y palas.

Los costos unitarios calculados para la siembra de una hectárea son de S/. 2,028.83

4.1.6 Post siembra

Los trabajos de post siembra a considerarse serán solo mantenimientos de sistemas de agua y estabilidad de taludes, para evitar las escorrentías y la erosión, no se prevé hacer deshierbes, abonamientos, ni labores de sanidad vegetal durante el establecimiento de la revegetación.

Finalmente, podemos mencionar que los costos proyectados para la implementación de una hectárea de revegetación en campo definitivo es de S/.
10,488.91

CUADRO N° 15: COSTO PROYECTADO DE REVEGETACIÓN POR HECTÁREA EN REHABILITACIÓN DE ÁREAS DISTURBADAS POR LA MINERÍA, CON VÍAS A LOGRAR SU SOSTENIBILIDAD, AL CIERRE DE LAS OPERACIONES

COSTO DE REVEGETACIÓN POR HECTAREA	
Actividades	Costo/ha
Acondicionamiento de botadero	S/. 4,922.58
Transporte y tendido de suelo organico	S/. 3,537.50
Siembra de pasto natural	S/. 2,028.83
Sub Total	S/. 10,488.91

Fuente elaboración propia

4.1.7 Establecimiento de costos unitarios

Con los datos que se tenían como antecedentes (costos proyectados), se realizó un trabajo inicial de llevar la revegetación a terreno definitivo, con este propósito se realizó una propuesta de proyecto en la cual se establecía los plazos, recursos y costos para revegetar un total de 41.31 has, de botaderos de desmonte. Al momento de la ejecución de los trabajos se llevó un registro de los rendimientos de horas /máquina, rendimiento de horas /hombre, volúmenes de material movido, volúmenes de suelo orgánico requerido, cantidad de semilla, entre otros, con el fin de establecer valores reales y compararlos con los valores proyectados.

Los costos calculados para la revegetación de una hectárea es de S/. 78,249.01, la diferencia entre lo proyectado y calculado está en el rubro de otros que considera; la mano de obra calificada y los equipos de control de calidad y logística que inicialmente no fueron establecidos en la proyección.

CUADRO N° 16: COSTOS CALCULADOS DE REVEGETACIÓN POR HECTÁREA EN REHABILITACIÓN DE ÁREAS DISTURBADAS POR LA MINERÍA, CON VÍAS A LOGRAR SU SOSTENIBILIDAD, AL CIERRE DE LAS OPERACIONES

Actividades	Costo /ha
Acondicionamiento de botadero	S/. 5,118.40
Transporte y tendido de suelo orgánico	S/. 3,721.99
Siembra de pasto natural	S/. 2,500.02
Otros	S/. 66,908.60
Sub Total	S/. 78,249.01

Fuente elaboración propia

La variación porcentual de lo proyectado con lo calculado lo podemos ver en la tabla N° 15, en la cual se muestra que los datos previamente establecidos en la proyección sufrieron una variación porcentual de 1 a 5% lo cual se contempla dentro de los imprevistos. Pero para el caso de otros, aspecto que no fue considerado inicialmente el incremento es del 700% con respecto de lo proyectado

CUADRO N° 17: PORCENTAJE DE VARIACIÓN ENTRE LOS COSTOS PROYECTADOS Y CALCULADOS EN REHABILITACIÓN DE ÁREAS DISTURBADAS POR LA MINERÍA, CON VÍAS A LOGRAR SU SOSTENIBILIDAD, AL CIERRE DE LAS OPERACIONES

Costo de Revegetación por Hectarea	Proyectado		Calculado	
	Actividades	Costo/ha	(%)	Costo/ha
Acondicionamiento de botadero	S/. 4,922.58	47%	S/. 5,118.40	49%
Transporte y tendido de suelo orgánico	S/. 3,537.50	34%	S/. 3,721.99	35%
Siembra de pasto natural	S/. 2,028.83	19%	S/. 2,500.02	24%
Otros	S/. -	0%	S/. 66,908.60	638%
Sub Total	S/. 10,488.91	100%	S/. 78,249.01	746%

Fuente elaboración propia

4.2 Sobre la viabilidad técnica de la revegetación

4.2.1 En botaderos de desmonte

Mostraremos los resultados obtenidos, en el plan piloto de revegetación en botaderos y relaves, mediante el monitoreo desarrollado en el periodo 2000-2001, los mismos que fueron sometidos a cálculos estadísticos.

Como veremos, el análisis inicial se realizó, considerando como variable independiente al botadero y variables dependientes a las especies, es por ello que se agruparon para establecer la altura promedio de las especies y su diferencia significativa si hubiera.



TABLA N° 01 Altura promedio de las especies cultivadas en botaderos (*Festuca rigidifolia* Tovar, *Festuca orthophylla* Pilg. , *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociados), para el periodo 2000 - 2001 en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

ALTURA	2000 (cm)	2001 (cm)
Media	16.87	17.81
Desviación estándar	6.23	2.12
Repeticiones	20	15

t=0.56 P>0.05

Fuente: Elaboración propia

Según la prueba de t de Student (t=0.56) se aprecia que la altura promedio de las especies cultivadas en el año 2000 y 2001 en los botaderos, no presento diferencias estadísticas significativas (P>0.05), manteniéndose la altura de crecimiento.

GRÁFICA N° 01 Altura promedio de las especies cultivadas en botaderos (*Festuca rigidifolia* Tovar, *Festuca orthophylla* Pilg. , *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociados) para el periodo 2000 - 2001 en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

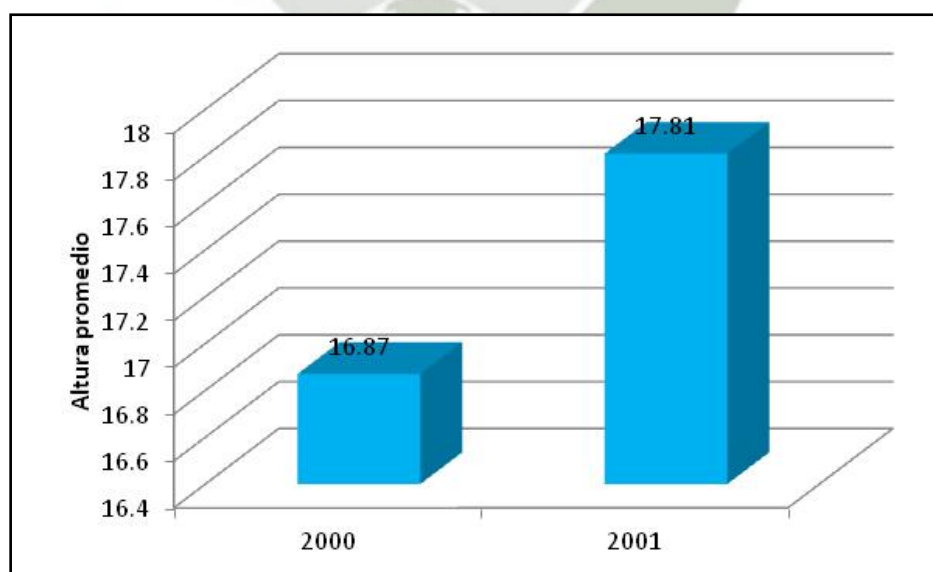


TABLA N° 02 Numero de hojas promedio en las especies cultivadas en botaderos (*Festuca rigidifolia* Tovar. *Festuca orthophylla* Pilg. , *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociados), para el periodo 2000 - 2001 en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

H O J A S	2000 (#)	2001 (#)
Media	75.99	86.52
Desviación estándar	40.37	22.63
Repeticiones	20	15

t=0.91 P>0.05

Fuente, elaboración propia

Según la prueba de t de Student (t=0.91) se aprecia que el número de hojas promedio de las especies cultivadas en el año 2000 y 2001 en los botaderos no presento diferencias estadísticas significativas (P>0.05). Es decir, durante ese periodo el número de hojas se ha mantenido.

GRÁFICA N° 02 Numero de hojas promedio en las especies cultivadas en botaderos (*Festuca rigidifolia* Tovar. *Festuca orthophylla* Pilg. , *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociados), para el periodo 2000 - 2001 en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

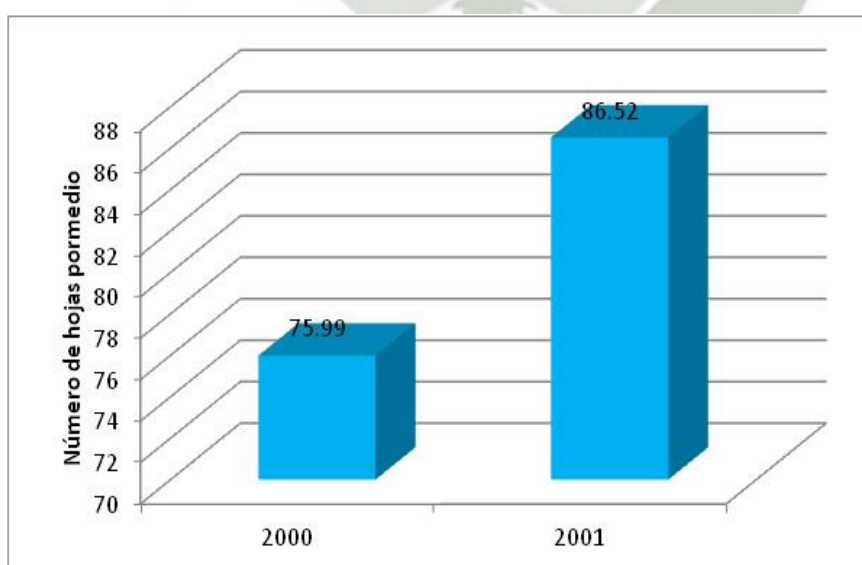


TABLA N° 03 Cobertura promedio en las especies cultivadas en los botaderos (*Festuca rigidifolia* Tovar, *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociados), en los años 2000 y 2001 en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

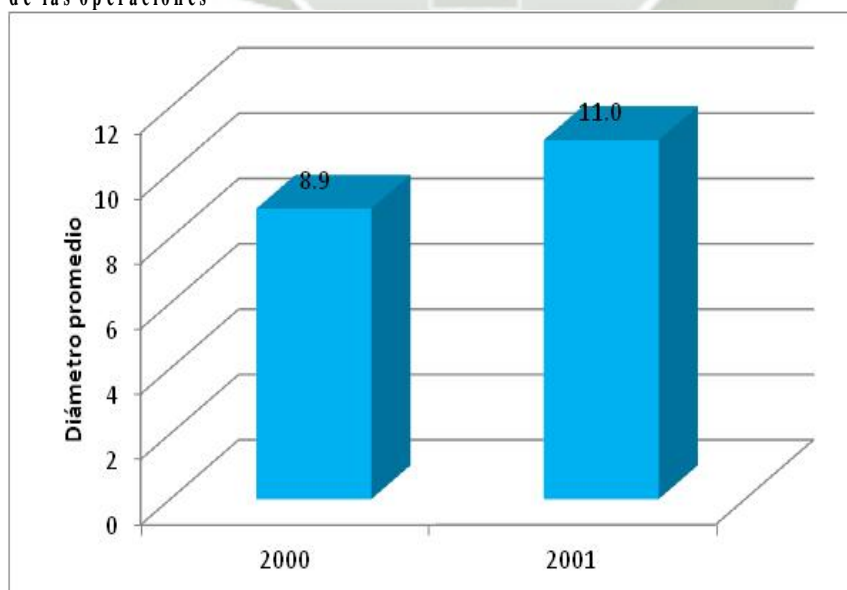
COBERTURA	2000 (cm)	2001 (cm)
Media	8.90	11.00
Desviación estándar	2.17	3.54
Repeticiones	20	15

$t=2.17$ $P<0.05$

Fuente elaboración propia

En la tabla N°03, según la prueba de t de Student ($t=2.17$) se aprecia que la cobertura promedio de las especies cultivadas en el año 2000 y 2001 en los botaderos presento diferencias estadísticas significativas ($P<0.05$). Es decir, durante ese periodo la cobertura se ha incrementado ligeramente de 8.90 a 11.0.

GRÁFICA N° 03 Cobertura promedio en las especies cultivadas en los botaderos (*Festuca rigidifolia* Tovar, *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociados), en los años 2000 y 2001 en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones



4.2.2 En relaves mineros

TABLA N° 04 Altura promedio de crecimiento de las especies en estudio (*Festuca rigidifolia* Tovar., *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociado, *Medicago sativa* L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

ESPECIES (cm)	SUSTRATOS			
	ABONO	S.ORGANICO	MORRENA	RELAVE
FEOR	16.92	8.55	5.33	6.00
ALFA	22.42	11.32	5.67	15.00
FERI	29.42	15.23	7.50	6.93
ASOCI	28.90	21.10	6.17	9.63
FEDO	48.25	27.77	5.17	5.64

Fuente elaboración propia

La tabla N°04, muestra las alturas de crecimiento promedios de las diferentes especies en los diferentes medios de sustrato. Asimismo se observa que la especie FEDO muestra la mejor altura de crecimiento.

GRÁFICA N° 04 Altura promedio de crecimiento de las especies en estudio (*Festuca rigidifolia* Tovar. *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociado, *Medicago sativa* L.) en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

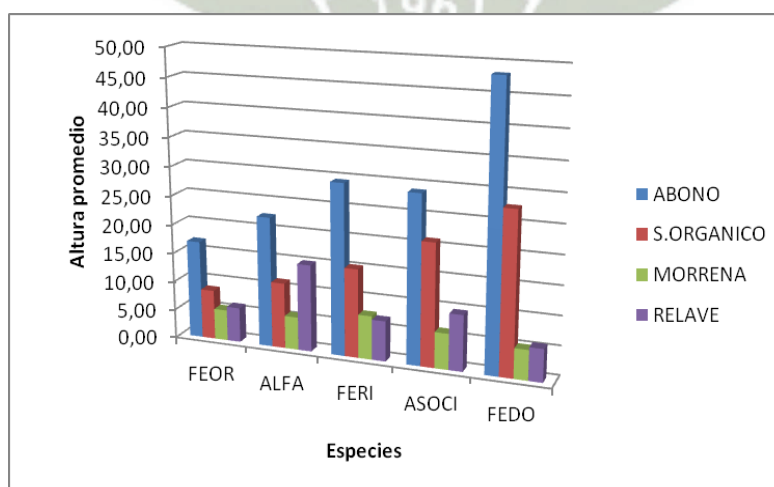


TABLA N° 05 Análisis de varianza para la altura promedio de crecimiento de las especies en estudio (*Festuca rigidifolia* Tovar, *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociado, *Medicago sativa* L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Significancia
Especie	330.53	4	82.63	1.86	P > 0.05
Sustrato	1631.44	3	543.82	12.25	P < 0.05
Error	532.51	12	44.38		
Total	2494.48	19			

CV = 23.11%

Fuente elaboración propia

El análisis de varianza nos muestra que no se encontró diferencias estadísticas ($P > 0.05$) en la especie: es decir, la altura de crecimiento no depende de las especies. Pero en cuanto al sustrato la altura de crecimiento si se encontró una influencia significativa al nivel del 5% ($P < 0.05$). El coeficiente de variación (23.11%) expresa que se ha originado una variación propia de la respuesta de la especie y del sustrato.

TABLA N° 06 Prueba de Duncan para la comparación de la altura promedio del crecimiento en los diferentes sustratos en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

SUSTRATO	Promedio (cm)	Significancia
Morrena	5.97	a
Relave	8.64	ab
Orgánico	16.79	b
Abono	29.18	c

Fuente elaboración propia

La prueba de Duncan nos muestra que con el sustrato abono (c) se encontró la mejor altura promedio 29.18, seguido del sustrato orgánico y el relave (b) que tienen alturas de crecimiento promedios estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

GRÁFICA N° 05 Prueba de Duncan para la comparación de la altura promedio del crecimiento en los diferentes sustratos en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

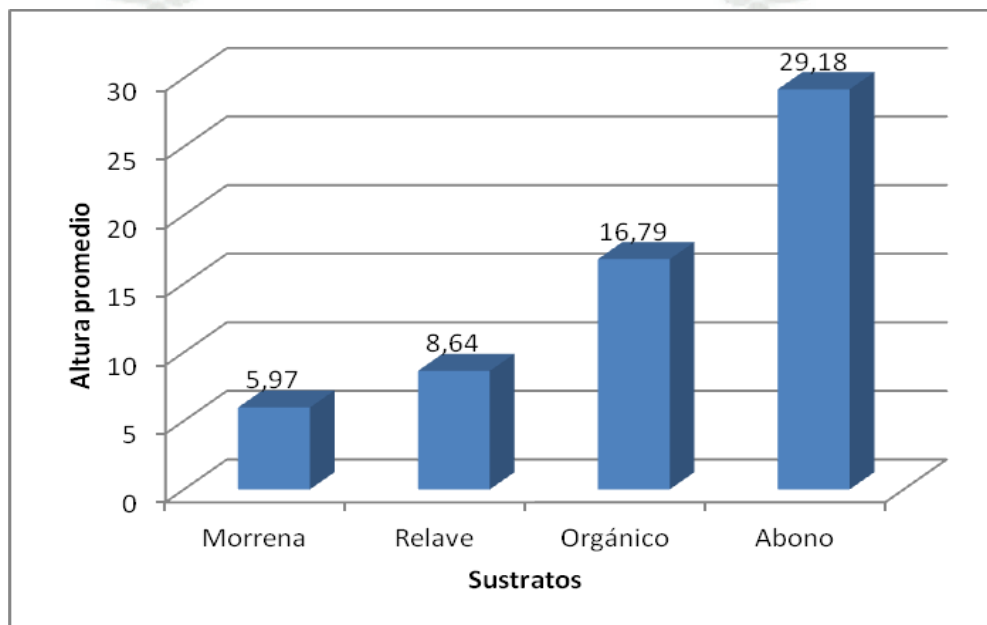


TABLA N° 07 Numero de hojas promedio en las especies en estudio (*Festuca rigidifolia* Tovar, *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociado, *Medicago sativa* L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

ESPECIES (cm)	SUSTRATOS			
	ABONO	S.ORGANICO	MORRENA	RELAVE
FEOR	171.00	31.33	4.00	4.64
ALFA	152.25	132.73	10.00	116.00
FERI	107.50	47.95	5.33	9.36
ASOCI	86.80	78.60	5.33	11.90
FEDO	170.22	35.18	4.67	8.43

Fuente elaboración propia

La tabla N°07, muestra el número de hojas promedios de las diferentes especies en los diferentes medios de sustrato. Asimismo se observa que la especie FEOR y FEDO muestran el mayor número de hojas.

GRÁFICA N° 06 Numero de hojas promedio en las especies en (*Festuca rigidifolia* Tovar, *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociado, *Medicago sativa* L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

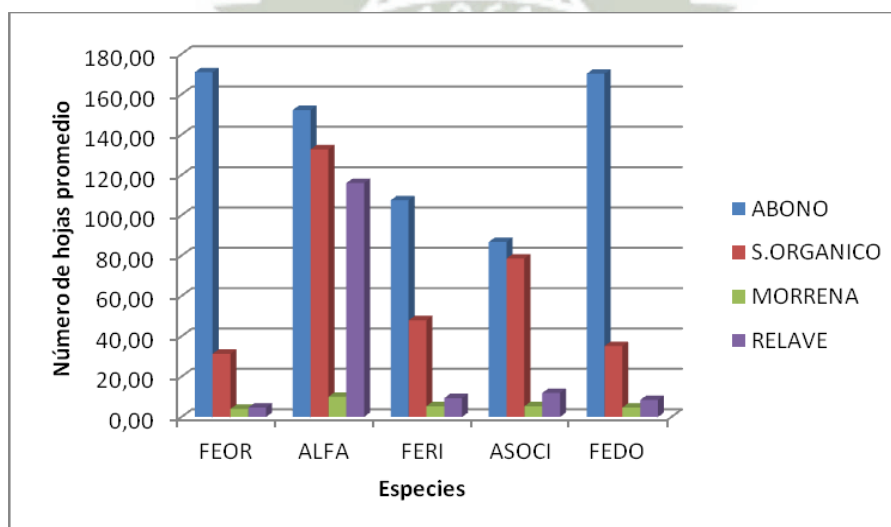


TABLA N° 08 Análisis de varianza para el número de hojas promedio de las especies en estudio (*Festuca rigidifolia* Tovar, *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociado, *Medicago sativa* L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Significancia
Especie	9675.42	4	2418.86	2.31	P>0.05
Sustrato	49336.5	3	16445.5	15.70	P<0.05
Error	12571.8	12	1047.65		
Total	71583.8	19			

CV=6.6

Fuente elaboración propia

El análisis de varianza nos muestra que no se encontró diferencias estadísticas ($P > 0.05$) en cuanto al tipo de especie: es decir, el número de hojas no depende de las especies. Pero en cuanto al sustrato el número de hojas si se encontró una influencia significativa al nivel del 5% ($P < 0.05$). El coeficiente de variación (6.64%) expresa que se ha originado una variación propia de la respuesta de la especie y del sustrato.

TABLA 09 Prueba de Duncan para la comparación del número de hojas promedio en los diferentes sustratos en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

SUSTRATO	Promedio (#)	Significancia
Morrena	5.87	a
Relave	30.07	ab
Orgánico	65.17	b
Abono	137.55	c

Fuente elaboración propia

La prueba de Duncan nos muestra que con el sustrato abono (c) se encontró el mayor número de hojas promedio (137.5), seguido del sustrato orgánico y el relave (b) que tienen números de hojas promedios estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

GRÁFICA 07 Prueba de Duncan para la comparación del número de hojas promedio en los diferentes sustratos en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

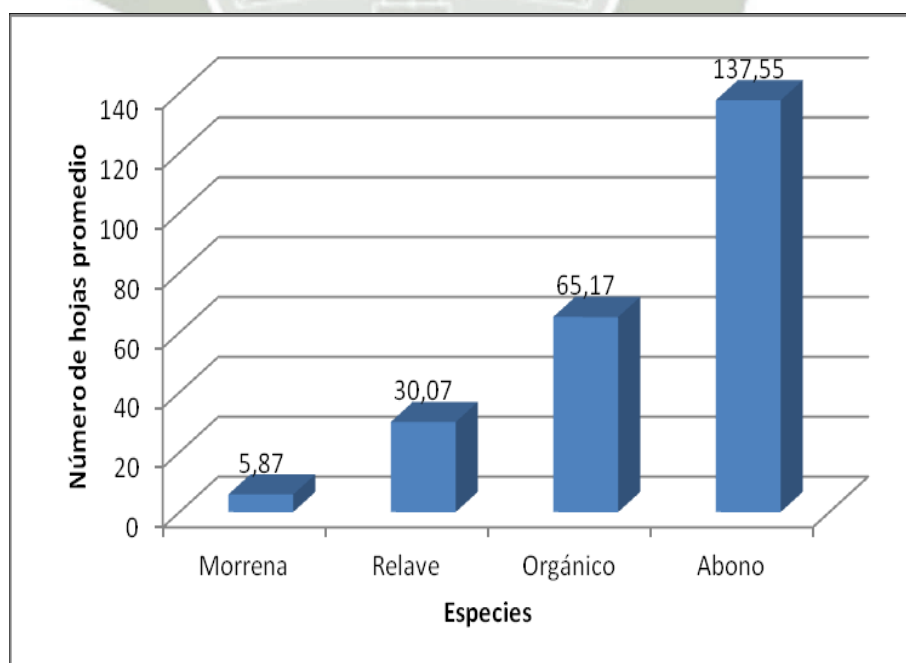


TABLA 10 Diámetro promedio de las especies en (*Festuca rigidifolia* Tovar, *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociado, *Medicago sativa* L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

ESPECIES (cm)	SUSTRATOS			
	ABONO	S.ORGANICO	MORRENA	RELAVE
FEOR	13.88	5.59	2.33	2.36
ALFA	18.79	16.09	9.83	18.50
FERI	8.38	6.59	1.67	2.14
ASOCI	6.60	6.20	3.00	3.38
FEDO	20.71	6.50	3.17	2.21

Fuente elaboración propia

La tabla N°10, muestra el diámetro promedio de las diferentes especies en los diferentes medios de sustrato. Asimismo se observa que la especie FEDO muestra el mayor diámetro.

GRÁFICA N° 8 Diámetro promedio de las especies en estudio (*Festuca rigidifolia* Tovar, *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociado, *Medicago sativa* L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

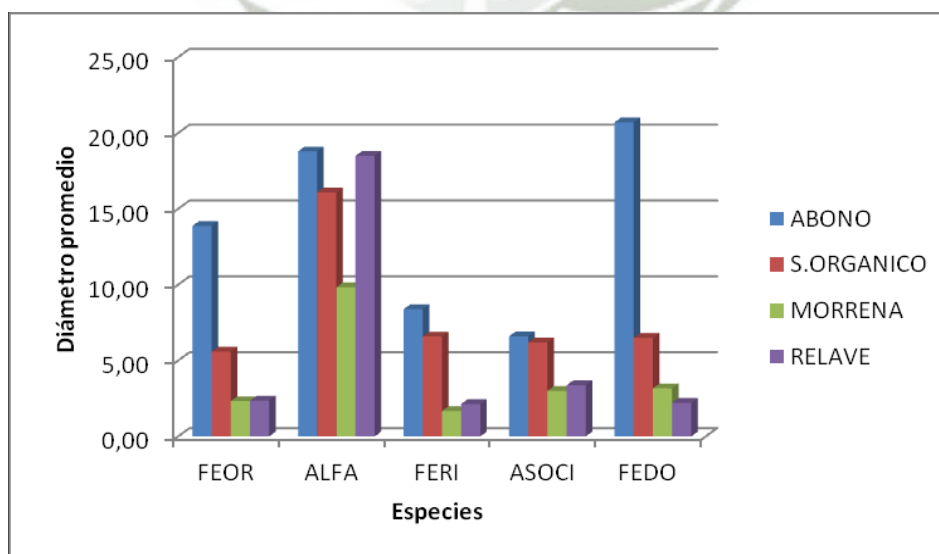


TABLA 11 Análisis de varianza para el diámetro promedio de las especies en estudio (*Festuca rigidifolia* Tovar, *Festuca orthophylla* Pilg., *Festuca dolichophylla* J. Presl. Asociado, *Medicago sativa* L.), en diferentes sustratos como medio de cultivo en la última evaluación (2000) para rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Significancia
Especie	343.53	4	85.88	7.47	$P < 0.05$
Sustrato	266.87	3	88.96	7.74	$P < 0.05$
Error	137.93	12	11.49		
Total	748.34	19			

CV = 7.89

Fuente elaboración propia

El análisis de varianza nos muestra que se encontró diferencias estadísticas ($P < 0.05$) en cuanto al tipo de especie: es decir, el diámetro depende de las especies. De la misma manera en cuanto al sustrato el número de hojas si se encontró una influencia significativa al nivel del 5% ($P < 0.05$). El coeficiente de variación (7.89%) expresa que se ha originado una variación propia de la respuesta de la especie y del sustrato.

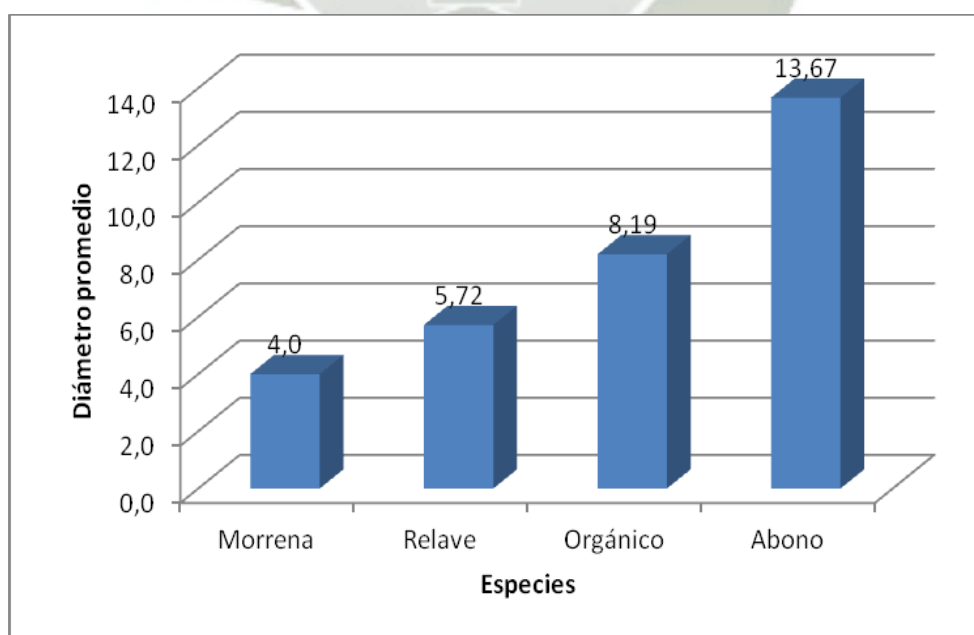
TABLA N° 12 Prueba de Duncan para la comparación del diámetro promedio en los diferentes sustratos en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones

SUSTRATO	Promedio (cm)	Significancia
Morrena	4.00	a
Relave	5.72	a
Orgánico	8.19	a
Abono	13.67	b

Fuente elaboración propia

La prueba de Duncan nos muestra que con el sustrato abono (b) se encontró el mayor diámetro promedio (13.67), seguido de los sustrato orgánico, relave y morrena (a) que tienen diámetros estadísticamente iguales ($P > 0.05$).

GRÁFICA N° 09 Prueba de Duncan para la comparación del diámetro promedio en los diferentes sustratos en la última evaluación (2000) en rehabilitación de áreas disturbadas por la minería, con vías a lograr su sostenibilidad, al cierre de las operaciones



Con estos resultados podemos establecer qué; las especies no tienen diferencias significativas en su crecimiento tanto para la altura de planta, número de hojas y cobertura o diámetro de las mismas. Lo que sí ejerce una influencia significativa sobre el desarrollo de las mismas, es el tipo de sustrato, siendo el sustrato abono el que mejor influencia ejerce sobre las mismas, seguido del sustrato suelo orgánico y relave.

Para el caso de las especies, las que mostraron mejores condiciones de adaptación a los sustratos mencionados son *Festuca orthophylla* Pilg. y *Festuca dolichophylla* J. Presl. respectivamente, las cuales tuvieron una mejor cobertura y mayor número de hojas en el periodo 2000-2001.

CAPITULO V

APRECIACIÓN CRÍTICA

La necesidad de cumplir con requerimientos internacionales y obligaciones corporativas, nos dio la oportunidad de desarrollar estudios complementarios y no menos importantes al core business del cobre. Este aspecto, ayudo a sensibilizar y cambiar la visión ambiental de los ejecutivos de la empresa minera.

La falta de conocimiento y el restar importancia a las actividades de cierre de operaciones mineras hace que no se prioricen presupuestos y actividades para el desarrollo del conocimiento de las mismas, lo cual trajo como consecuencia la perdida de información valiosa para este estudio.

Los alcances logrados en este estudio, han ayudado a establecer lineamientos, costos y presupuestos más detallados para los procesos de rehabilitación y cierre de las exploraciones y operaciones mineras.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Se demostró que los costos unitarios para la rehabilitación de una hectárea de botadero de desmonte de minería, que considera el acopio de insumos, recurso humano, maquinaria y logística son de 78,250 soles. Esta conciliación y ajuste de costos hace viable la estimación y presupuesto del plan de cierre y su provisión en el tiempo.

SEGUNDA: Si es posible rehabilitar con vegetación nativa (pastos naturales), las áreas disturbadas por la actividad minera. Los resultados demuestran que las especies pueden ser acopiadas y establecidas fácilmente. En base a los resultados, las especies más apropiadas para realizar la revegetación, son: *Festuca orthophylla* Pilg. y *Festuca dolichophylla* J. Presl., las cuales mostraron mejor cobertura de planta, mayor cantidad de hojas y altura de planta. Por su parte, los sustratos que influenciaron de manera benéfica al desarrollo de estas especies fueron: el sustrato abono y suelo orgánico.

La metodología más adecuada para procesos de revegetación es; la siembra de *Festuca orthophylla* Pilg., con una densidad de siembra de 50kg./ha., el sustrato a utilizar es de suelo orgánico de 20cm de espesor, no se requieren de labores culturales no aplicación de enmiendas y abonamiento. En cuanto al riesgo este puede ser de secano, haciendo coincidir la temporada de lluvias con la fenología de la planta.

TERCERA: Los posibles problemas a presentarse durante los procesos de revegetación son:

- Climático; por la presencia de nevadas entre los meses de abril – agosto, ocasionan daños a la planta pese a que estas se encuentran ya en época de dormancia
- Erosivo; si no se cuenta con una buena distribución de cobertura, nivelación y pendiente, las lluvias intensas y prolongadas ocasionan serios problemas de erosión.
- Semilla; la recolección, selección y almacenamiento son importantes al momento de la manipulación de la semilla botánica, para lo cual debe tener un proceso de trazabilidad las mismas.



RECOMENDACIONES

1. Continuar con las investigaciones a nivel de campo definitivo para establecer los estadios y comportamiento de las especies de pastos nativos, en áreas a rehabilitar.

2. Desarrollar estudios similares en relaves mineros considerando sus características químicas y el potencial uso de este sustrato de manera directa.

3. Incorporar en los planes de cierre de minas estudios que validen la viabilidad de las actividades de revegetación, con especies nativas y/o introducidas que garanticen la rehabilitación de los ecosistemas.

4. Considerar el sustrato de suelo orgánico como el de mayor potencial para la viabilidad de la revegetación por ser de fácil acopio y estar disponible inicialmente en las actividades extractivas.

BIBLIOGRAFÍA

1. BHP Tintaya. (2001). Estudio Socio Económico de la Comunidad Campesina Tintaya Marquiri
2. Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL. (1995), Población equidad y transformación productiva
3. CONSTITUCION POLÍTICA DEL PERU DE 1993
4. CONSULCONT.S.A. (1996). Plan de Revegetación para Áreas Disturbadas por la Actividad Minera
5. Dirección General de Asuntos Ambientales (1997). Compendio de Normas Ambientales para las Actividades Minero Metalúrgicas.
6. Dirección General de Asuntos Ambientales. (1995). Guía De Vegetación para las áreas disturbadas por la industria minero metalúrgica
7. DOLFUS, Olivier. (1991). Territorios Andinos Reto y Memoria Perú. IEP Ediciones.
8. GALLOPIN, Gilberto (1995). El Futuro Ecológico de un Continente
9. IMBACH, Alejandro C. (2000). Buscando el Rumbo; Guía Práctica para organizar y ejecutar procesos de autoevaluación de proyectos centrados en la sostenibilidad
10. Instituto de Investigación Universidad y Región IIUR. (1998) Estudio Agrostológico de la Microcuenca de Tintaya

11. Instituto de Investigación Universidad y Región IIUR. (1998).
Formulación del Plan de Revegetación para el PAMA Eléctrico,
12. Instituto de Investigación Universidad y Región (1997). Levantamiento
de Información Botánica de Resultados Experimentales de Revegetación con
Caracterización de Especies para el Plan de Cierre de Mina
13. JIMENEZ Herrero, Luis. (1992). Medio Ambiente y Desarrollo
Alternativo
14. Ley Organica Para El Aprovechamiento Sostenible De Los Recursos
Naturales Ley N° 26821 del 26 de junio de (1997),
15. MARÍN, Víctor; Delgado Luisa, (1997). Ambiente y Desarrollo, Manejo
Ecosistémico de los Recursos Naturales.
16. ODUM, Howard T. (1980) Ambiente, Energía Y Sociedad Barcelona:
Editorial Blume
17. RECA, Lucio G. (1998) Agricultura, Medio Ambiente y Pobreza Rural en
América Latina.. Washington D.C: Banco Interamericano de Desarrollo.
18. Universidad Nacional del Altiplano, (1989) Resúmenes de Investigación
en Pastos y Forrajes de la Región Sur Peruana, Puno

PÁGINAS WEB

[http://fieldmuseum.org/vrrc/?language=esp&page=results&genus=Festuca
&PHPSESSID=b85...&rpno=1&order=genus&PHPSESSID=b85](http://fieldmuseum.org/vrrc/?language=esp&page=results&genus=Festuca&PHPSESSID=b85...&rpno=1&order=genus&PHPSESSID=b85)

<http://www.minam.gob.pe/>

<http://www.minem.gob.pe/>

<http://www.undp.org/content/undp/es/home.html>

<http://www.icmm.com/>

<http://www.rae.es/rae.html>

[http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/sostenibilidad-economica-
social-sustentabilidad-ambiental.htm](http://www.gestiopolis.com/administracion-estrategia/sostenibilidad-economica-social-sustentabilidad-ambiental.htm)



**PRE DICTAMEN DE PROYECTO DE TESIS
(Jurado)**

Señor
Ing. HUMBERTO STRETZ CHAVEZ
Director (e) del P.P. de Ingeniería Agronómica
Presente.-

Mediante el presente, comunicamos a usted, que se ha procedido a revisar el anteproyecto de Tesis titulado:

“REHABILITACION DE AREAS DISTURBADAS POR LA MINERIA CON VIAS A LOGRAR SU SOSTENIBILIDAD AL CIERRE DE LAS OPERACIONES.”

Presentado por el alumno: **Elvis Javier, MEDINA PERALTA**

El Jurado Dictaminador presidido por **Ing. Jorge Zegarra Flores, Ing. Froy Coloma Dongo** y **Ing. Wilder Chancafe Rodriguez**

DICTAMINAN

OBSERVACIONES

Procedo al trabajo

Arequipa, 10 de Junio de 2013

[Signature]

Ing. Froy Coloma Dongo

[Signature]

Ing. Jorge Zegarra Flores

[Signature]

Ing. Wilder Chancafe Rodriguez

PRE DICTAMEN DE PROYECTO DE TESIS
(Jurado)

Señor

Ing. HUMBERTO STRETZ CHÁVEZ
Director (e) del P.P. de Ingeniería Agronómica
Presente.-

Mediante el presente, comunicamos a usted., que se ha procedido a revisar el proyecto de Tesis titulado:

“REHABILITACION DE ÁREAS DISTURBADAS POR LA MINERIA CON VÍAS A LOGRAR SUS SOSTENIBILIDAD AL CIERRE DE LAS OPERACIONES.”

Presentado por el bachiller: **ELVIS JAVIER MEDINA PERALTA**
Asesor: **Ing. Humberto Stretz Chavez**

El jurado Dictaminador presidido por **Ing. Jorge Zegarra Flores, Ing. Froy Coloma Dongo, Ing. Wilder Chancafe Rodriguez**

DICTAMINAN


PROCEDE A LA SUSTENTACIÓN.

OBSERVACIONES

NINGUNA

Arequipa, 07 de Octubre de 2013


Ing. Jorge Zegarra Flores

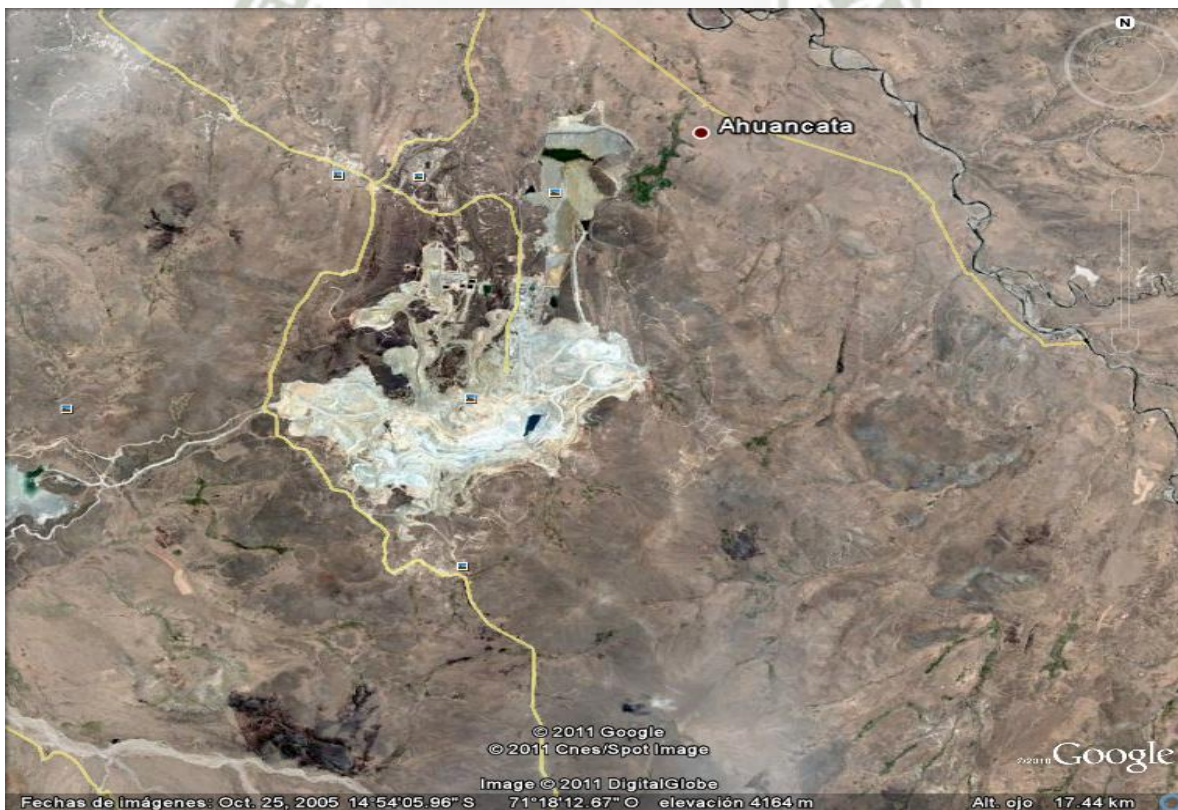
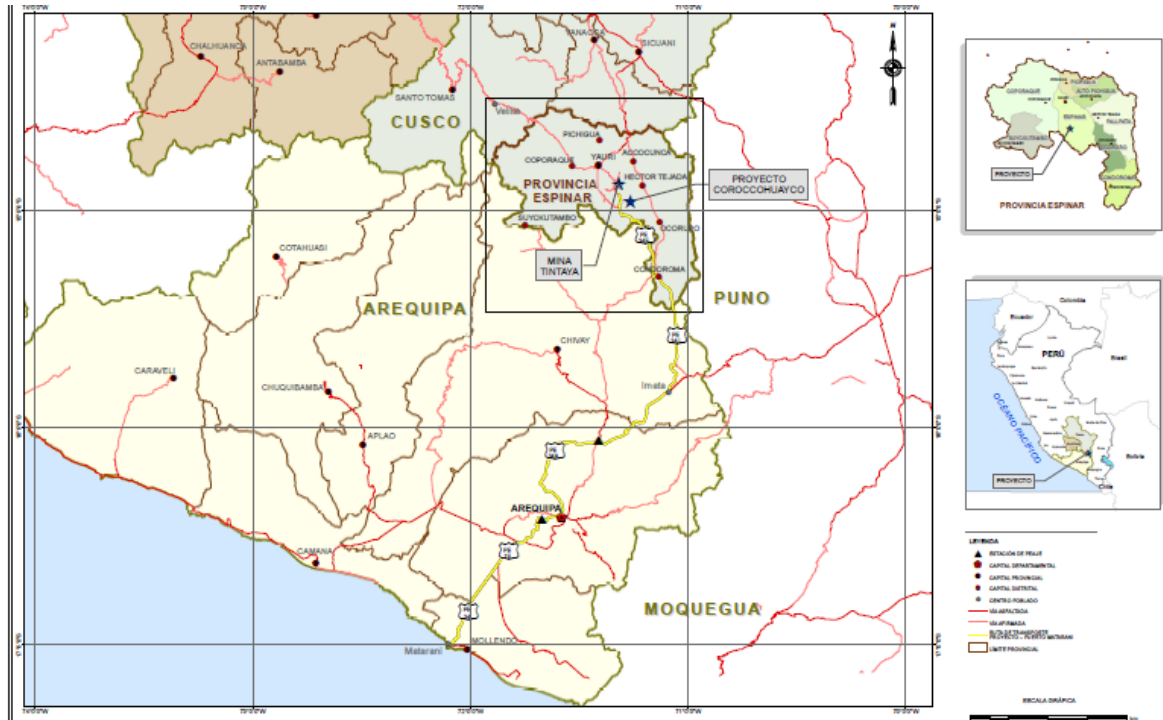

Ing. Froy Coloma Dongo


Ing. Wilder Chancafe Rodriguez



ANEXO 01

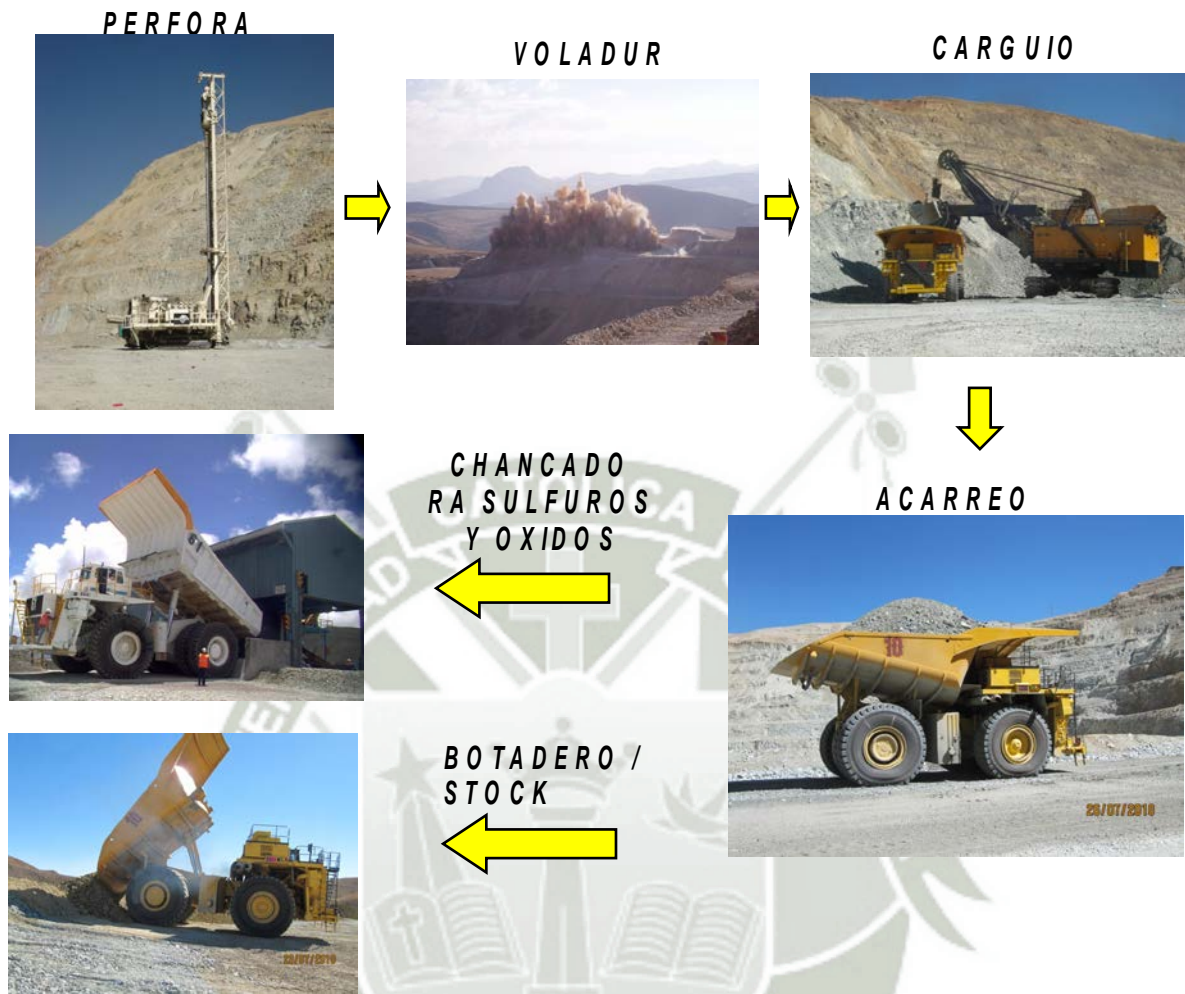
UBICACIÓN Y VISTA PANORÁMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO





ANEXO 02

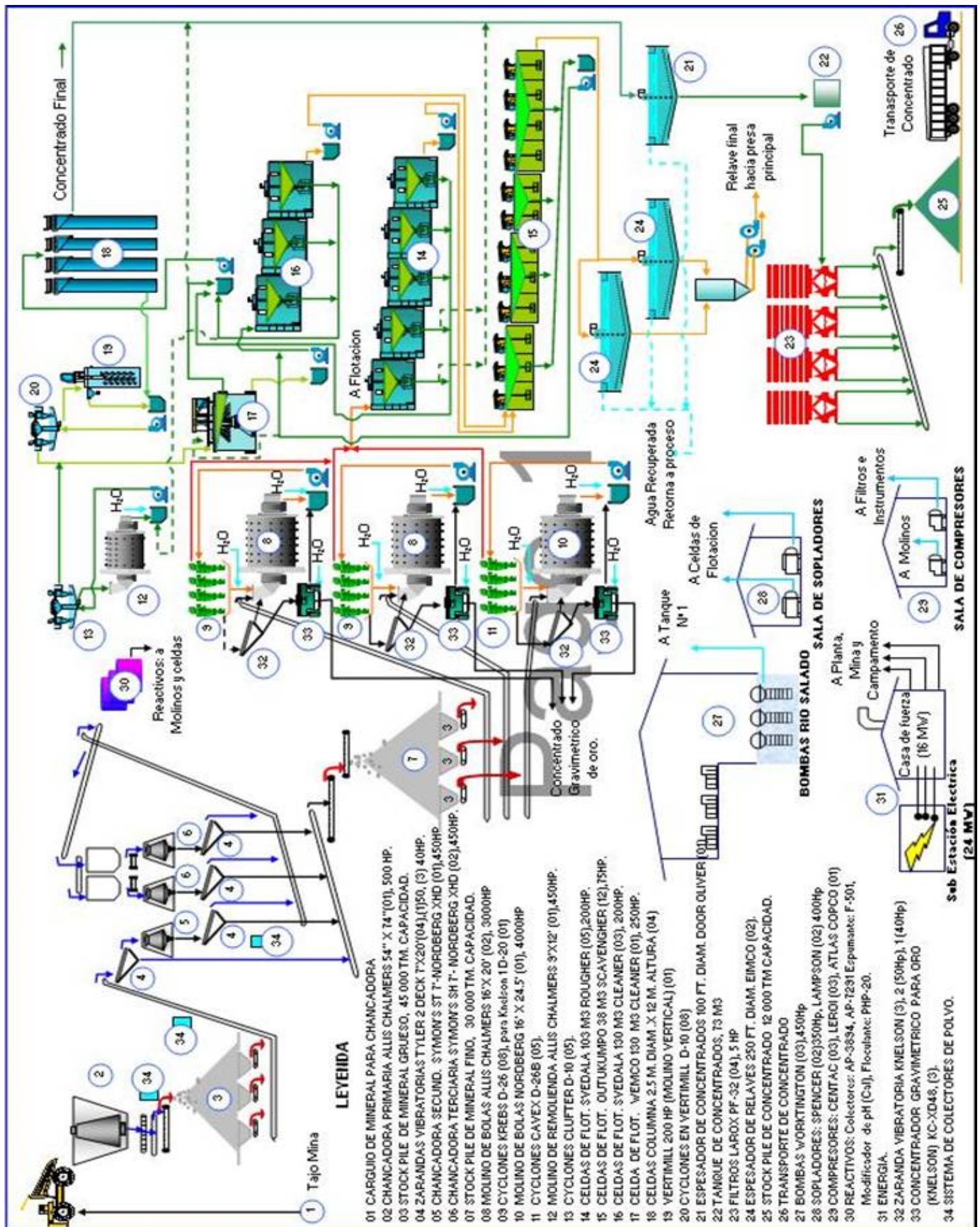
FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE MINERAL



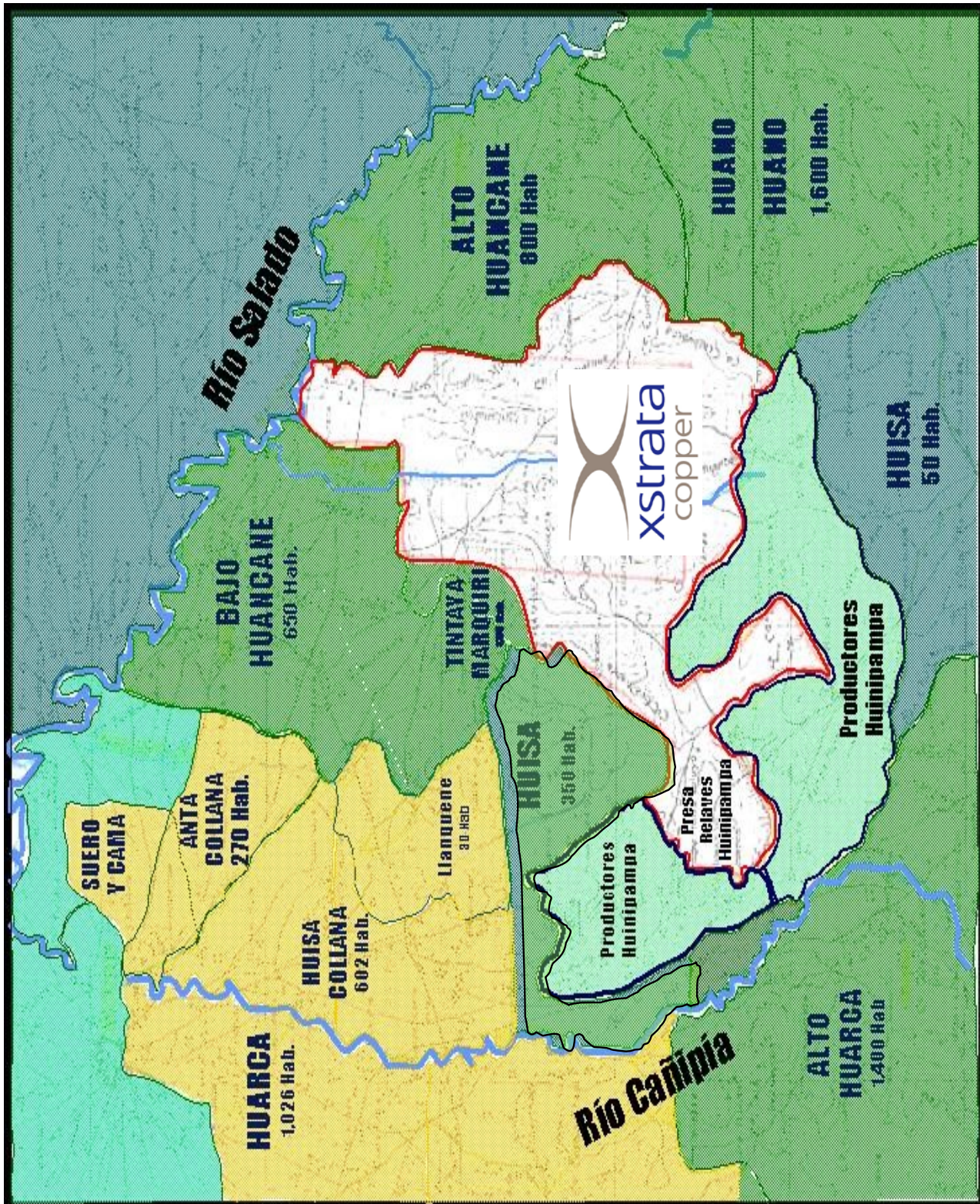


ANEXO 03

FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE FLOTACIÓN DE MINERAL





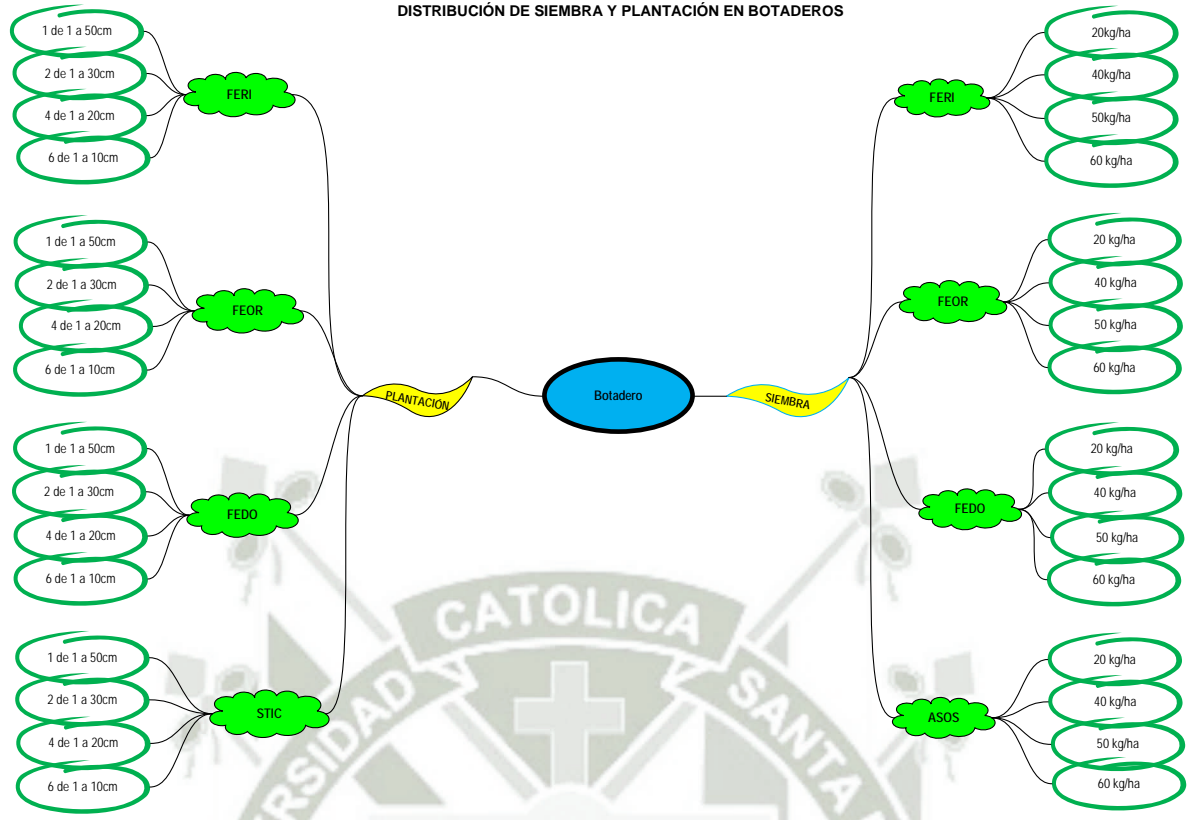




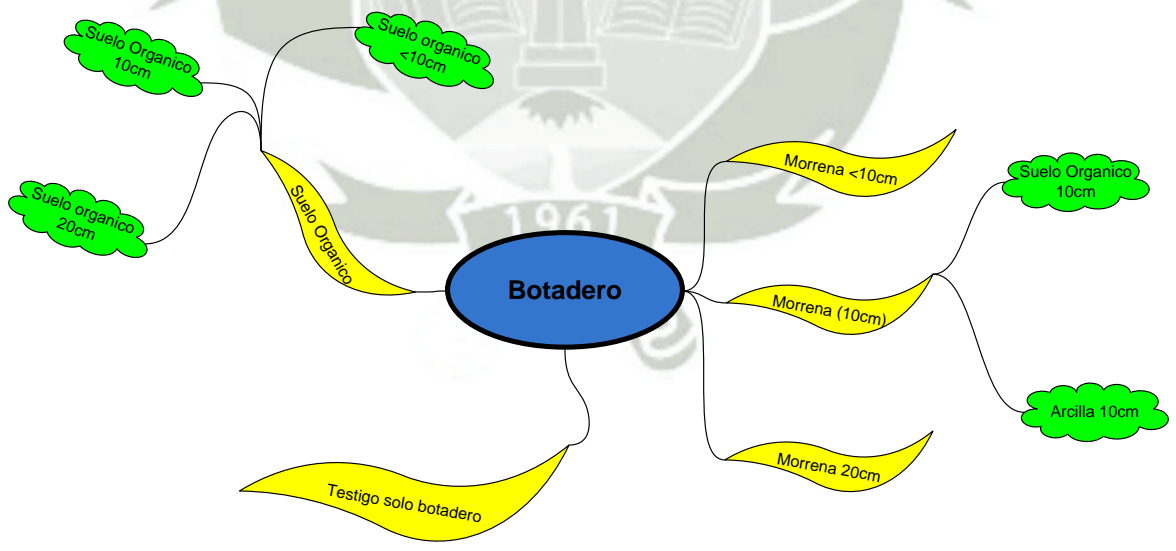
ANEXO 05

ÁRBOL DE DISTRIBUCIÓN DE SUSTRATOS EN BOTADEROS

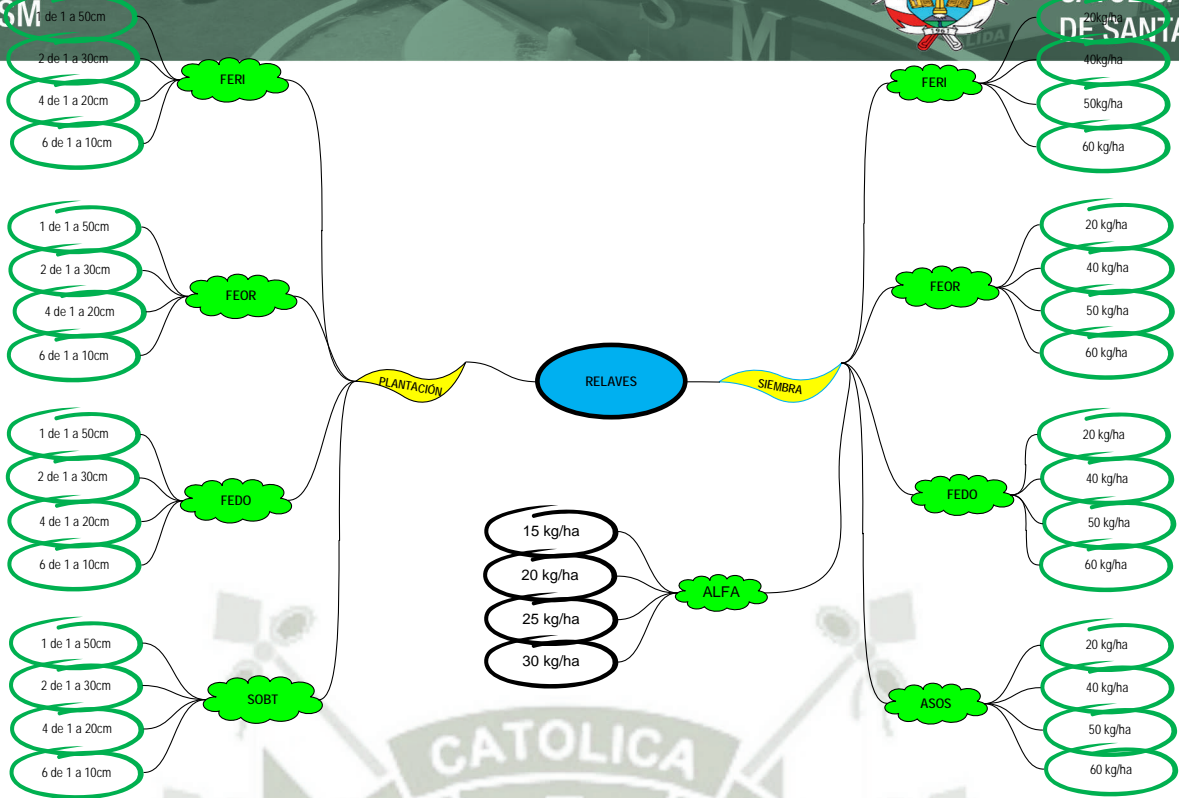
DISTRIBUCIÓN DE SIEMBRA Y PLANTACIÓN EN BOTADEROS



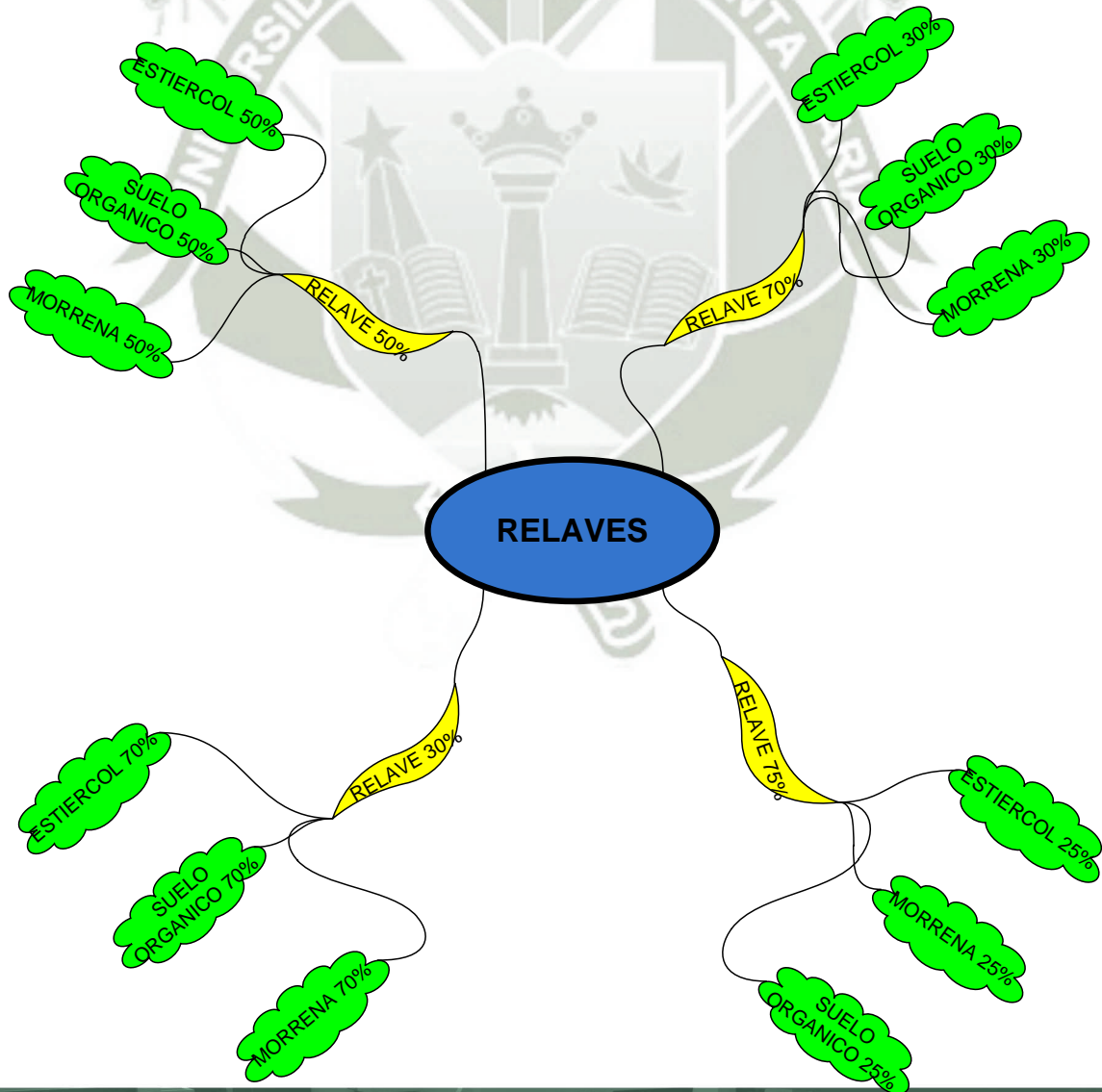
DISTRIBUCIÓN DE SUSTRATOS EN BOTADEROS







DISTRIBUCIÓN DE SUSTRATOS EN RELAVES





ANEXO 07

**TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES SEGÚN SUS
VARIABLES EN BOTADEROS**

1	BS-ASOS-60	2	BS-ASOS-50	3	BS-FEOR-60	4	BS-ASOS-40
5	BS-FERI-20	6	BS-ASOS-20	7	BS-DEMY-20	8	BS-FEDO-40
9	BS-FERI-40	10	BS-FEOR-40	11	BP-STIC-50 BP-STIC-30	12	BP-STIC-20 BP-STIC-10
13	BS-FERI-50	14	BP-FERI-50 BP-FERI-30	15	BS-FEDO-50	16	BP-FERI-20 BP-FERI-10
17	BS-FERI-60	18	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	19	BP-FEOR-20 BP-FEOR-10	20	BS-FEDO-60
21	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	22	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	23	BS-DEMY-20	24	BS-FEOR-50
25	BP-STIC-50 BP-STIC-30	26	BP-STIC-20 BP-STIC-10	27	BS-DEMY-20	28	
29	BP-FERI-50 BP-FERI-30	30	BP-FERI-20 BP-FERI-10	31		32	
33	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	34	BP-FEOR-10 BP-FEOR-10	35	BS-FEOR-20	36	BS-FEDO-20
37	BS-DEMY-20	38	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	39	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	40	

TRATAMIENTO # 2 (B-M-O-AR-10)

1	BS-ASOS-60	2	BS-ASOS-50	3	BS-FEOR-60	4	BS-ASOS-40
5	BS-FERI-20	6	BS-ASOS-20	7	BS-DEMY-20	8	BS-FEDO-40
9	BS-FERI-40	10	BS-FEOR-40	11	BP-STIC-50 BP-STIC-30	12	BP-STIC-20 BP-STIC-10
13	BS-FERI-50	14	BP-FERI-50 BP-FERI-30	15	BS-FEDO-50	16	BP-FERI-20 BP-FERI-10
17	BS-FERI-60	18	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	19	BP-FEOR-20 BP-FEOR-10	20	BS-FEDO-60
21	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	22	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	23	BS-DEMY-20	24	BS-FEOR-50
25	BP-STIC-50 BP-STIC-30	26	BP-STIC-20 BP-STIC-10	27	BS-DEMY-20	28	
29	BP-FERI-50 BP-FERI-30	30	BP-FERI-20 BP-FERI-10	31		32	
33	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	34	BP-FEOR-10 BP-FEOR-10	35	BS-FEOR-20	36	BS-FEDO-20
37	BS-DEMY-20	38	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	39	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	40	

TRATAMIENTO # 3 (B-M-O < 10)

1	BS-ASOS-60	2	BS-ASOS-50	3	BS-FEOR-60	4	BS-ASOS-40
5	BS-FERI-20	6	BS-ASOS-20	7	BS-DEMY-20	8	BS-FEDO-40
9	BS-FERI-40	10	BS-FEOR-40	11	BP-STIC-50 BP-STIC-30	12	BP-STIC-20 BP-STIC-10
13	BS-FERI-50	14	BP-FERI-50 BP-FERI-30	15	BS-FEDO-50	16	BP-FERI-20 BP-FERI-10
17	BS-FERI-60	18	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	19	BP-FEOR-20 BP-FEOR-10	20	BS-FEDO-60
21	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	22	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	23	BS-DEMY-20	24	BS-FEOR-50
25	BP-STIC-50 BP-STIC-30	26	BP-STIC-20 BP-STIC-10	27	BS-DEMY-20	28	
29	BP-FERI-50 BP-FERI-30	30	BP-FERI-20 BP-FERI-10	31		32	
33	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	34	BP-FEOR-10 BP-FEOR-10	35	BS-FEOR-20	36	BS-FEDO-20
37	BS-DEMY-20	38	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	39	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	40	

TRATAMIENTO # 4 (B-M O -20)

1	BS-ASOS-60	2	BS-ASOS-50	3	BS-FEOR-60	4	BS-ASOS-40
5	BS-FERI-20	6	BS-ASOS-20	7	BS-DEMY-20	8	BS-FEDO-40
9	BS-FERI-40	10	BS-FEOR-40	11	BP-STIC-50 BP-STIC-30	12	BP-STIC-20 BP-STIC-10
13	BS-FERI-50	14	BP-FERI-50 BP-FERI-30	15	BS-FEDO-50	16	BP-FERI-20 BP-FERI-10
17	BS-FERI-60	18	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	19	BP-FEOR-20 BP-FEOR-10	20	BS-FEDO-60
21	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	22	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	23	BS-DEMY-20	24	BS-FEOR-50
25	BP-STIC-50 BP-STIC-30	26	BP-STIC-20 BP-STIC-10	27	BS-DEMY-20	28	
29	BP-FERI-50 BP-FERI-30	30	BP-FERI-20 BP-FERI-10	31		32	
33	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	34	BP-FEOR-10 BP-FEOR-10	35	BS-FEOR-20	36	BS-FEDO-20
37	BS-DEMY-20	38	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	39	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	40	

TRATAMIENTO # 5 (B) TESTIGO

1	BS-ASOS-60	2	BS-ASOS-50	3	BS-FEOR-60	4	BS-ASOS-40
5	BS-FERI-20	6	BS-ASOS-20	7	BS-DEMY-20	8	BS-FEDO-40
9	BS-FERI-40	10	BS-FEOR-40	11	BP-STIC-50 BP-STIC-30	12	BP-STIC-20 BP-STIC-10
13	BS-FERI-50	14	BP-FERI-50 BP-FERI-30	15	BS-FEDO-50	16	BP-FERI-20 BP-FERI-10
17	BS-FERI-60	18	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	19	BP-FEOR-20 BP-FEOR-10	20	BS-FEDO-60
21	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	22	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	23	BS-DEMY-20	24	BS-FEOR-50
25	BP-STIC-50 BP-STIC-30	26	BP-STIC-20 BP-STIC-10	27	BS-DEMY-20	28	
29	BP-FERI-50 BP-FERI-30	30	BP-FERI-20 BP-FERI-10	31		32	
33	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	34	BP-FEOR-10 BP-FEOR-10	35	BS-FEOR-20	36	BS-FEDO-20
37	BS-DEMY-20	38	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	39	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	40	

TRATAMIENTO # 6 (B-SO <10)

1	BS-ASOS-60	2	BS-ASOS-50	3	BS-FEOR-60	4	BS-ASOS-40
5	BS-FERI-20	6	BS-ASOS-20	7	BS-DEMY-20	8	BS-FEDO-40
9	BS-FERI-40	10	BS-FEOR-40	11	BP-STIC-50 BP-STIC-30	12	BP-STIC-20 BP-STIC-10
13	BS-FERI-50	14	BP-FERI-50 BP-FERI-30	15	BS-FEDO-50	16	BP-FERI-20 BP-FERI-10
17	BS-FERI-60	18	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	19	BP-FEOR-20 BP-FEOR-10	20	BS-FEDO-60
21	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	22	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	23	BS-DEMY-20	24	BS-FEOR-50
25	BP-STIC-50 BP-STIC-30	26	BP-STIC-20 BP-STIC-10	27	BS-DEMY-20	28	
29	BP-FERI-50 BP-FERI-30	30	BP-FERI-20 BP-FERI-10	31		32	
33	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	34	BP-FEOR-10 BP-FEOR-10	35	BS-FEOR-20	36	BS-FEDO-20
37	BS-DEMY-20	38	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	39	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	40	

TRATAMIENTO # 7 (B-SO -10)

1	BS-ASOS-60	2	BS-ASOS-50	3	BS-FEOR-60	4	BS-ASOS-40
5	BS-FERI-20	6	BS-ASOS-20	7	BS-DEMY-20	8	BS-FEDO-40
9	BS-FERI-40	10	BS-FEOR-40	11	BP-STIC-50 BP-STIC-30	12	BP-STIC-20 BP-STIC-10
13	BS-FERI-50	14	BP-FERI-50 BP-FERI-30	15	BS-FEDO-50	16	BP-FERI-20 BP-FERI-10
17	BS-FERI-60	18	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	19	BP-FEOR-20 BP-FEOR-10	20	BS-FEDO-60
21	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	22	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	23	BS-DEMY-20	24	BS-FEOR-50
25	BP-STIC-50 BP-STIC-30	26	BP-STIC-20 BP-STIC-10	27	BS-DEMY-20	28	
29	BP-FERI-50 BP-FERI-30	30	BP-FERI-20 BP-FERI-10	31		32	
33	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	34	BP-FEOR-10 BP-FEOR-10	35	BS-FEOR-20	36	BS-FEDO-20
37	BS-DEMY-20	38	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	39	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	40	

TRATAMIENTO # 8 (B-SO-20)

1	BS-ASOS-60	2	BS-ASOS-50	3	BS-FEOR-60	4	BS-ASOS-40
5	BS-FERI-20	6	BS-ASOS-20	7	BS-DEMY-20	8	BS-FEDO-40
9	BS-FERI-40	10	BS-FEOR-40	11	BP-STIC-50 BP-STIC-30	12	BP-STIC-20 BP-STIC-10
13	BS-FERI-50	14	BP-FERI-50 BP-FERI-30	15	BS-FEDO-50	16	BP-FERI-20 BP-FERI-10
17	BS-FERI-60	18	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	19	BP-FEOR-20 BP-FEOR-10	20	BS-FEDO-60
21	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	22	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	23	BS-DEMY-20	24	BS-FEOR-50
25	BP-STIC-50 BP-STIC-30	26	BP-STIC-20 BP-STIC-10	27	BS-DEMY-20	28	
29	BP-FERI-50 BP-FERI-30	30	BP-FERI-20 BP-FERI-10	31		32	
33	BP-FEOR-50 BP-FEOR-30	34	BP-FEOR-10 BP-FEOR-10	35	BS-FEOR-20	36	BS-FEDO-20
37	BS-DEMY-20	38	BP-FEDO-50 BP-FEDO-30	39	BP-FEDO-20 BP-FEDO-10	40	



ANEXO 08

TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES SEGÚN SUS
VARIABLES EN RELAVES

PARCELA RELAVE - MORRENA

R-M O -100 (1)

R-M O -70 (2)

R-M O -50 (3)

R-M O -30 (4)

1	2	1	2	1	2	1	2
RS-FEOR-60	RS-FEOR-50	RS-FEOR-60	RS-FEOR-50	RS-FEOR-60	RS-FEOR-50	RS-FEOR-60	RS-FEOR-50
3	4	3	4	3	4	3	4
RS-FEOR-40	RS-FEOR-30	RS-FEOR-40	RS-FEOR-30	RS-FEOR-40	RS-FEOR-30	RS-FEOR-40	RS-FEOR-30
5	6	5	6	5	6	5	6
RS-ALFA-30	RS-ALFA-25	RS-ALFA-30	RS-ALFA-25	RS-ALFA-30	RS-ALFA-25	RS-ALFA-30	RS-ALFA-25
7	8	7	8	7	8	7	8
RS-ALFA-20	RS-ALFA-15	RS-ALFA-20	RS-ALFA-15	RS-ALFA-20	RS-ALFA-15	RS-ALFA-20	RS-ALFA-15
9	10	9	10	9	10	9	10
RS-FERI-60	RS-FERI-50	RS-FERI-60	RS-FERI-50	RS-FERI-60	RS-FERI-50	RS-FERI-60	RS-FERI-50
11	12	11	12	11	12	11	12
RS-FERI-40	RS-FERI-30	RS-FERI-40	RS-FERI-30	RS-FERI-40	RS-FERI-30	RS-FERI-40	RS-FERI-30
13	14	13	14	13	14	13	14
RS-ASOS-60	RS-ASOS-50	RS-ASOS-60	RS-ASOS-50	RS-ASOS-60	RS-ASOS-50	RS-ASOS-60	RS-ASOS-50
15	16	15	16	15	16	15	16
RS-ASOS-40	RS-ASOS-30	RS-ASOS-40	RS-ASOS-30	RS-ASOS-40	RS-ASOS-30	RS-ASOS-40	RS-ASOS-30
17	18	17	18	17	18	17	18
RS-FEDO-60	RS-FEDO-50	RS-FEDO-60	RS-FEDO-50	RS-FEDO-60	RS-FEDO-50	RS-FEDO-60	RS-FEDO-50
19	20	19	20	19	20	19	20
RS-FEDO-40	RS-FEDO-30	RS-FEDO-40	RS-FEDO-30	RS-FEDO-40	RS-FEDO-30	RS-FEDO-40	RS-FEDO-30
21	22	21	22	21	22	21	22
RS-FERI-60	RS-FERI-50	RS-FERI-60	RS-FERI-50	RS-FERI-60	RS-FERI-50	RS-FERI-60	RS-FERI-50
23	24	23	24	23	24	23	24
RS-FERI-40	RS-FERI-30	RS-FERI-40	RS-FERI-30	RS-FERI-40	RS-FERI-30	RS-FERI-40	RS-FERI-30
25	26	25	26	25	26	25	26
RS-ALFA-30	RS-ALFA-25	RS-ALFA-30	RS-ALFA-25	RS-ALFA-30	RS-ALFA-25	RS-ALFA-30	RS-ALFA-25
27	28	27	28	27	28	27	28
RS-ALFA-20	RS-ALFA-15	RS-ALFA-20	RS-ALFA-15	RS-ALFA-20	RS-ALFA-15	RS-ALFA-20	RS-ALFA-15
29	30	29	30	29	30	29	30
RS-FEOR-60	RS-FEOR-50	RS-FEOR-60	RS-FEOR-50	RS-FEOR-60	RS-FEOR-50	RS-FEOR-60	RS-FEOR-50
31	32	31	32	31	32	31	32
RS-FEOR-40	RS-FEOR-30	RS-FEOR-40	RS-FEOR-30	RS-FEOR-40	RS-FEOR-30	RS-FEOR-40	RS-FEOR-30
33	34	33	34	33	34	33	34
RS-FEDO-60	RS-FEDO-50	RS-FEDO-60	RS-FEDO-50	RS-FEDO-60	RS-FEDO-50	RS-FEDO-60	RS-FEDO-50
35	36	35	36	35	36	35	36
RS-FEDO-40	RS-FEDO-30	RS-FEDO-40	RS-FEDO-30	RS-FEDO-40	RS-FEDO-30	RS-FEDO-40	RS-FEDO-30
37	38	37	38	37	38	37	38
RS-ASOS-60	RS-ASOS-50	RS-ASOS-60	RS-ASOS-50	RS-ASOS-60	RS-ASOS-50	RS-ASOS-60	RS-ASOS-50
39	40	39	40	39	40	39	40
RS-ASOS-40	RS-ASOS-30	RS-ASOS-40	RS-ASOS-30	RS-ASOS-40	RS-ASOS-30	RS-ASOS-40	RS-ASOS-30

PARCELA RELAVE - ESTIERCOL

R-ES-100 (5)		R-ES-70 (6)		R-ES-50 (7)		R-ES-30 (8)	
1	2	1	2	1	2	1	2
RS-FEOR-60	RS-FEOR-50	RS-FEOR-60	RS-FEOR-50	RS-FEOR-60	RS-FEOR-50	RS-FEOR-60	RS-FEOR-50
3	4	3	4	3	4	3	4
RS-FEOR-40	RS-FEOR-30	RS-FEOR-40	RS-FEOR-30	RS-FEOR-40	RS-FEOR-30	RS-FEOR-40	RS-FEOR-30
5	6	5	6	5	6	5	6
RS-ALFA-30	RS-ALFA-25	RS-ALFA-30	RS-ALFA-25	RS-ALFA-30	RS-ALFA-25	RS-ALFA-30	RS-ALFA-25
7	8	7	8	7	8	7	8
RS-ALFA-20	RS-ALFA-15	RS-ALFA-20	RS-ALFA-15	RS-ALFA-20	RS-ALFA-15	RS-ALFA-20	RS-ALFA-15
9	10	9	10	9	10	9	10
RS-FERI-60	RS-FERI-50	RS-FERI-60	RS-FERI-50	RS-FERI-60	RS-FERI-50	RS-FERI-60	RS-FERI-50
11	12	11	12	11	12	11	12
RS-FERI-40	RS-FERI-30	RS-FERI-40	RS-FERI-30	RS-FERI-40	RS-FERI-30	RS-FERI-40	RS-FERI-30
13	14	13	14	13	14	13	14
RS-ASOS-60	RS-ASOS-50	RS-ASOS-60	RS-ASOS-50	RS-ASOS-60	RS-ASOS-50	RS-ASOS-60	RS-ASOS-50
15	16	15	16	15	16	15	16
RS-ASOS-40	RS-ASOS-30	RS-ASOS-40	RS-ASOS-30	RS-ASOS-40	RS-ASOS-30	RS-ASOS-40	RS-ASOS-30
17	18	17	18	17	18	17	18
RS-FEDO-60	RS-FEDO-50	RS-FEDO-60	RS-FEDO-50	RS-FEDO-60	RS-FEDO-50	RS-FEDO-60	RS-FEDO-50
19	20	19	20	19	20	19	20
RS-FEDO-40	RS-FEDO-30	RS-FEDO-40	RS-FEDO-30	RS-FEDO-40	RS-FEDO-30	RS-FEDO-40	RS-FEDO-30
21	22	21	22	21	22	21	22
RS-FERI-60	RS-FERI-50	RS-FERI-60	RS-FERI-50	RS-FERI-60	RS-FERI-50	RS-FERI-60	RS-FERI-50
23	24	23	24	23	24	23	24
RS-FERI-40	RS-FERI-30	RS-FERI-40	RS-FERI-30	RS-FERI-40	RS-FERI-30	RS-FERI-40	RS-FERI-30
25	26	25	26	25	26	25	26
RS-ALFA-30	RS-ALFA-25	RS-ALFA-30	RS-ALFA-25	RS-ALFA-30	RS-ALFA-25	RS-ALFA-30	RS-ALFA-25
27	28	27	28	27	28	27	28
RS-ALFA-20	RS-ALFA-15	RS-ALFA-20	RS-ALFA-15	RS-ALFA-20	RS-ALFA-15	RS-ALFA-20	RS-ALFA-15
29	30	29	30	29	30	29	30
RS-FEOR-60	RS-FEOR-50	RS-FEOR-60	RS-FEOR-50	RS-FEOR-60	RS-FEOR-50	RS-FEOR-60	RS-FEOR-50
31	32	31	32	31	32	31	32
RS-FEOR-40	RS-FEOR-30	RS-FEOR-40	RS-FEOR-30	RS-FEOR-40	RS-FEOR-30	RS-FEOR-40	RS-FEOR-30
33	34	33	34	33	34	33	34
RS-FEDO-60	RS-FEDO-50	RS-FEDO-60	RS-FEDO-50	RS-FEDO-60	RS-FEDO-50	RS-FEDO-60	RS-FEDO-50
35	36	35	36	35	36	35	36
RS-FEDO-40	RS-FEDO-30	RS-FEDO-40	RS-FEDO-30	RS-FEDO-40	RS-FEDO-30	RS-FEDO-40	RS-FEDO-30
37	38	37	38	37	38	37	38
RS-ASOS-60	RS-ASOS-50	RS-ASOS-60	RS-ASOS-50	RS-ASOS-60	RS-ASOS-50	RS-ASOS-60	RS-ASOS-50
39	40	39	40	39	40	39	40
RS-ASOS-40	RS-ASOS-30	RS-ASOS-40	RS-ASOS-30	RS-ASOS-40	RS-ASOS-30	RS-ASOS-40	RS-ASOS-30

PARCELA RELAVE - SUELO ORGANICO

R-SO -100 (9)		R-SO -70 (10)		R-SO -50 (11)		R-SO -30 (12)	
1 RS-FEOR-60	2 RS-FEOR-50	1 RS-FEOR-60	2 RS-FEOR-50	1 RS-FEOR-60	2 RS-FEOR-50	1 RS-FEOR-60	2 RS-FEOR-50
3 RS-FEOR-40	4 RS-FEOR-30	3 RS-FEOR-40	4 RS-FEOR-30	3 RS-FEOR-40	4 RS-FEOR-30	3 RS-FEOR-40	4 RS-FEOR-30
5 RS-ALFA-30	6 RS-ALFA-25	5 RS-ALFA-30	6 RS-ALFA-25	5 RS-ALFA-30	6 RS-ALFA-25	5 RS-ALFA-30	6 RS-ALFA-25
7 RS-ALFA-20	8 RS-ALFA-15	7 RS-ALFA-20	8 RS-ALFA-15	7 RS-ALFA-20	8 RS-ALFA-15	7 RS-ALFA-20	8 RS-ALFA-15
9 RS-FERI-60	10 RS-FERI-50	9 RS-FERI-60	10 RS-FERI-50	9 RS-FERI-60	10 RS-FERI-50	9 RS-FERI-60	10 RS-FERI-50
11 RS-FERI-40	12 RS-FERI-30	11 RS-FERI-40	12 RS-FERI-30	11 RS-FERI-40	12 RS-FERI-30	11 RS-FERI-40	12 RS-FERI-30
13 RS-ASOS-60	14 RS-ASOS-50	13 RS-ASOS-60	14 RS-ASOS-50	13 RS-ASOS-60	14 RS-ASOS-50	13 RS-ASOS-60	14 RS-ASOS-50
15 RS-ASOS-40	16 RS-ASOS-30	15 RS-ASOS-40	16 RS-ASOS-30	15 RS-ASOS-40	16 RS-ASOS-30	15 RS-ASOS-40	16 RS-ASOS-30
17 RS-FEDO-60	18 RS-FEDO-50	17 RS-FEDO-60	18 RS-FEDO-50	17 RS-FEDO-60	18 RS-FEDO-50	17 RS-FEDO-60	18 RS-FEDO-50
19 RS-FEDO-40	20 RS-FEDO-30	19 RS-FEDO-40	20 RS-FEDO-30	19 RS-FEDO-40	20 RS-FEDO-30	19 RS-FEDO-40	20 RS-FEDO-30
21 RS-FERI-60	22 RS-FERI-50	21 RS-FERI-60	22 RS-FERI-50	21 RS-FERI-60	22 RS-FERI-50	21 RS-FERI-60	22 RS-FERI-50
23 RS-FERI-40	24 RS-FERI-30	23 RS-FERI-40	24 RS-FERI-30	23 RS-FERI-40	24 RS-FERI-30	23 RS-FERI-40	24 RS-FERI-30
25 RS-ALFA-30	26 RS-ALFA-25	25 RS-ALFA-30	26 RS-ALFA-25	25 RS-ALFA-30	26 RS-ALFA-25	25 RS-ALFA-30	26 RS-ALFA-25
27 RS-ALFA-20	28 RS-ALFA-15	27 RS-ALFA-20	28 RS-ALFA-15	27 RS-ALFA-20	28 RS-ALFA-15	27 RS-ALFA-20	28 RS-ALFA-15
29 RS-FEOR-60	30 RS-FEOR-50	29 RS-FEOR-60	30 RS-FEOR-50	29 RS-FEOR-60	30 RS-FEOR-50	29 RS-FEOR-60	30 RS-FEOR-50
31 RS-FEOR-40	32 RS-FEOR-30	31 RS-FEOR-40	32 RS-FEOR-30	31 RS-FEOR-40	32 RS-FEOR-30	31 RS-FEOR-40	32 RS-FEOR-30
33 RS-FEDO-60	34 RS-FEDO-50	33 RS-FEDO-60	34 RS-FEDO-50	33 RS-FEDO-60	34 RS-FEDO-50	33 RS-FEDO-60	34 RS-FEDO-50
35 RS-FEDO-40	36 RS-FEDO-30	35 RS-FEDO-40	36 RS-FEDO-30	35 RS-FEDO-40	36 RS-FEDO-30	35 RS-FEDO-40	36 RS-FEDO-30
37 RS-ASOS-60	38 RS-ASOS-50	37 RS-ASOS-60	38 RS-ASOS-50	37 RS-ASOS-60	38 RS-ASOS-50	37 RS-ASOS-60	38 RS-ASOS-50
39 RS-ASOS-40	40 RS-ASOS-30	39 RS-ASOS-40	40 RS-ASOS-30	39 RS-ASOS-40	40 RS-ASOS-30	39 RS-ASOS-40	40 RS-ASOS-30

PARCELA RELAVE (TESTIGO)
R-100 (13)

1	2
RS-FEOR-60	RS-FEOR-50
3	4
RS-FEOR-40	RS-FEOR-30
5	6
RS-ALFA-30	RS-ALFA-25
7	8
RS-ALFA-20	RS-ALFA-15
9	10
RS-FERI-60	RS-FERI-50
11	12
RS-FERI-40	RS-FERI-30
13	14
RS-ASOS-60	RS-ASOS-50
15	16
RS-ASOS-40	RS-ASOS-30
17	18
RS-FEDO-60	RS-FEDO-50
19	20
RS-FEDO-40	RS-FEDO-30
21	22
RS-FERI-60	RS-FERI-50
23	24
RS-FERI-40	RS-FERI-30
25	26
RS-ALFA-30	RS-ALFA-25
27	28
RS-ALFA-20	RS-ALFA-15
29	30
RS-FEOR-60	RS-FEOR-50
31	32
RS-FEOR-40	RS-FEOR-30
33	34
RS-FEDO-60	RS-FEDO-50
35	36
RS-FEDO-40	RS-FEDO-30
37	38
RS-ASOS-60	RS-ASOS-50
39	40
RS-ASOS-40	RS-ASOS-30



PLANILLA DE CONTROL DE DESARROLLO DE PLANTAS

RELAVES

SUELO:

FECHA:

PARCELA	DENSIDAD	DATOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIO
FEOR	60	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	50	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	40	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	20	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
ALFA	60	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	50	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	40	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	20	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
FERI	60	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	50	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	40	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						

	20	COBERTURA							
		NUMERO							
		LONGITUD							
		HOJAS							
		COBERTURA							
ASOC	60	NUMERO							
		LONGITUD							
		HOJAS							
		COBERTURA							
	50	NUMERO							
		LONGITUD							
		HOJAS							
		COBERTURA							
	40	NUMERO							
		LONGITUD							
		HOJAS							
		COBERTURA							
	20	NUMERO							
		LONGITUD							
		HOJAS							
		COBERTURA							
FEDO	60	NUMERO							
		LONGITUD							
		HOJAS							
		COBERTURA							
	50	NUMERO							
		LONGITUD							
		HOJAS							
		COBERTURA							
	40	NUMERO							
		LONGITUD							
		HOJAS							
		COBERTURA							
	20	NUMERO							
		LONGITUD							
		HOJAS							
		COBERTURA							

PLANILLA DE CONTROL DE PRENDIMIENTO DE TRANSPLANTES

RELAVES

SUELO :

FECHA :

PARCELA	SUSTRATO	DATOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIO
FEOR	100	1/1						
		1/2						
		1/4						
		1/6						
	70	1/1						
		1/2						
		1/4						
		1/6						
	50	1/1						
		1/2						
		1/4						
		1/6						
	30	1/1						
		1/2						
		1/4						
		1/6						
FEDO	100	1/1						
		1/2						
		1/4						
		1/6						
	70	1/1						
		1/2						
		1/4						
		1/6						
	50	1/1						
		1/2						
		1/4						
		1/6						
	30	1/1						
		1/2						
		1/4						
		1/6						
SOBT	100	1/1						
		1/2						
		1/4						



		1/6							
	70	1/1							
		1/2							
		1/4							
		1/6							
	50	1/1							
		1/2							
		1/4							
		1/6							
	30	1/1							
		1/2							
		1/4							
		1/6							
FERI	100	1/1							
		1/2							
		1/4							
		1/6							
	70	1/1							
		1/2							
		1/4							
		1/6							
	50	1/1							
		1/2							
		1/4							
		1/6							
	30	1/1							
		1/2							
		1/4							
		1/6							

PLANILLA DE CONTROL DE DESARROLLO DE PLANTAS

BOTADEROS

SUELO :

FECHA :

PARCELA	PARCELA	DATOS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIO	MUESTRA 1	MUESTRA 2	PROMEDIO
	1	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	2	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	3	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
4	NUMERO							
	LONGITUD							
	HOJAS							
	COBERTURA							
	5	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	6	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	7	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
8	NUMERO							
	LONGITUD							
	HOJAS							
	COBERTURA							
	9	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	10	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	13	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
15	NUMERO							
	LONGITUD							
	HOJAS							
	COBERTURA							
	17	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	20	NUMERO						

		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	23	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
	24	COBERTURA						
		NUMERO						
		LONGITUD						
	27	HOJAS						
		COBERTURA						
		NUMERO						
	35	LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						
	36	NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
	37	COBERTURA						
		NUMERO						
		LONGITUD						
		HOJAS						
		COBERTURA						



SUELO :

FECHA :

ESPECIE	PARCELA	TRANSPLANTE	PRENDIDA	MUERTA	PROMEDIO	PRENDIDA	MUERTA	PROMEDIO
STIC	11	1/1						
		1/2						
STIC	12	1/4						
		1/6						
FERI	14	1/1						
		1/2						
FERI	16	1/4						
		1/6						
FEOR	18	1/1						
		1/2						
FEOR	19	1/4						
		1/6						
FEDO	21	1/1						
		1/2						
FEDO	22	1/4						
		1/6						
STIC	25	1/1						
		1/2						
STIC	26	1/4						
		1/6						
FERI	29	1/1						
		1/2						
FERI	30	1/4						
		1/6						
FEOR	33	1/1						
		1/2						
FEOR	34	1/4						
		1/6						
FEDO	38	1/1						
		1/2						
FEDO	39	1/4						
		1/6						



IMPLEMENTACIÓN DE PARCELA EXPERIMENTAL EN BOTADEROS





IMPLEMENTACIÓN DE PARCELA EXPERIMENTAL EN RELAVES





PROCESO DE REVEGETACION EN BOTADEROS





