



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PLAN DE RESTAURACIÓN PAISAJÍSTICA EN LA MINA
“CHOCARSÍ”, BASADO EN LA EXPERIMENTACIÓN CON
ESPECIES VEGETALES DEL ECOSISTEMA DE REFERENCIA.

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR: BRYAM ISRAEL BUESTÁN RIVAS

DIRECTORA: BIO. PAULA MILENA CORDERO CUEVA. MSC.

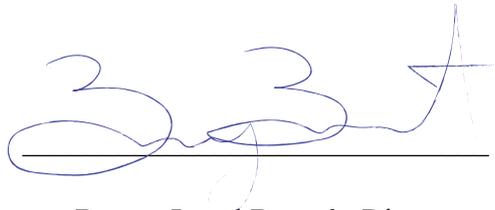
MATRIZ CUENCA

2019

DECLARACIÓN

Yo, Bryam Israel Buestán Rivas, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado de calificación profesional; y, que he consultado referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

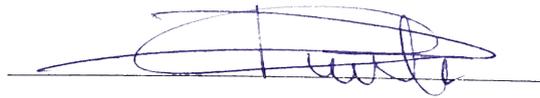
La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad intelectual, por su Reglamento y a la normatividad institucional vigente



Bryam Israel Buestán Rivas

CERTIFICACIÓN

El presente trabajo de titulación denominado “Plan de restauración paisajística en la mina “Chocarsí”, basado en la experimentación con especies vegetales del ecosistema de referencia.” realizado por Buestan Rivas Bryam Israel, ha sido inscrito y es pertinente con las líneas de investigación de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Unidad Académica de Ingeniería, Industria y Construcción, por lo que esta expedito para su presentación.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the end, positioned above a thin horizontal line.

Bio. Paula Milena Cordero Cueva. MSC.

Directora

AGRADECIMIENTOS

El siguiente trabajo de titulación no se podría haber llevado a cabo si no hubiera sido por las siguientes personas que con su apoyo y motivación fueron pilares para la conclusión de este trabajo y a las cuales querría mostrar mi agradecimiento.

Primero, he de nombrar a Paula Milena Cordero Cueva, Bióloga y master en Biología Ambiental y directora de esta tesis. Entre muchas otras cosas, tengo que agradecerle a Paula Milena el haberme apoyado, animado y ayudado durante todo el proceso de elaboración de la investigación.

Segundo, al GAD municipal de Cuenca, y particularmente a la Comisión de Gestión Ambiental CGA, por considerar a las universidades y particularmente a los estudiantes parte importante en la solución de los problemas ambientales, igual manera al Biólogo, Iván Paúl Cárdenas Palacios que fue la persona intermediaria para la realización, revisión y progreso del mismo.

Por último, a mi Alma Mater mi querida Universidad Católica de Cuenca, que con su constante evolución y mejoramiento fue un factor clave para el desarrollo de experimentos, creación, debate e intercambio de conocimientos de vital importancia para esta investigación.

DEDICATORIA

Primero Dios.

A mi familia, sin cuya comprensión y apoyo durante tantas horas de estudio, sin duda, no hubiese podido finalizar la redacción de esta investigación. En primer lugar, a mis padres, Luis Alberto y Ana Eugenia. Mis hermanos Cristian Alberto, Ángela Vanessa y mi melliza Stephanie Alexandra, quienes fueron mi claro ejemplo a seguir, para llegar a ser igual de grandes que ellos.

Esto quiero dedicar también a todos mis amigos, compañeros. Juan, Dani, Esteban, Diego, Anita, Paul, Claudia, Sofia, Andrea... a todos...en resumen hay tantas personas a las que debo agradecer, llegue a ser muchas cosas, gracias a todos

Karlita, gracias por tu apoyo, por tu fuerza, por ser tú. Gracias por haberte cruzado en mi camino.

En la vida nos encontramos con tantas personas y cada una nos da una parte de ella para ser mejor cada día, debo dar gracias a Dios por eso. Doy gracias por haber tomado cada una de las decisiones que tome, me trajeron aquí.

“Nadie es recordado por algo que no hizo.”

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
DEDICATORIA.....	IV
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABLAS	XII
LISTA DE ANEXOS	XIII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO I.....	1
1. Introducción.....	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2. Justificación.....	3
1.3. Marco Legal.....	4
CAPÍTULO II.....	21
2. MARCO TEÓRICO	21
2.1. La Restauración ecológica y su relación con el paisaje.....	21
2.2. La Sucesión ecológica y especies pioneras	21
2.3. Calidad ambiental	22
2.4. Necesidad de restauración del ecosistema degradado	22
2.1. Ecosistema de referencia	23
2.1.1 Consideraciones a escoger un sistema de referencia	23
2.2. Ecosistema degradado	24

2.2.1	Destrucción de un ecosistema.....	24
2.3.	Ecosistema objetivo.....	24
2.4.	La minería en el Ecuador.....	24
2.4.1	Tipos de minería	25
2.4.2	La minería en el Azuay.....	25
2.5.	Plan de restauración paisajística.....	27
2.5.1	Definición de plan de restauración	27
2.5.2	Contenido de un plan de restauración.....	27
2.5.3	La Restauración paisajística.....	30
2.6.	Impactos sensoriales.....	30
2.6.1	Impacto visual:.....	31
2.6.2	Sonoro.....	31
2.7.	Escenarios.....	31
2.7.1	Escenario tendencial	31
2.7.2	Escenario normativo	31
2.7.3	Escenario utópico.....	32
CAPÍTULO III		33
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	33
3.1.	Ubicación.....	33
3.2.	Información de la zona	35
3.3.	Valoración de la fragilidad del paisaje	40
3.4.	Evaluación ecológica rápida.....	42
3.4.1	Índice de Shannon.....	42
3.4.2	Índice de Simpson.....	43
3.4.3	Riqueza y abundancia en el ecosistema de referencia	43
3.5.	Etapas de la toma de muestra para análisis de suelo	45
3.5.1	Análisis químico del suelo.....	48

3.5.2	Análisis físico del suelo	49
3.6.	Experimentación con especies vegetales del ecosistema de referencia.....	51
3.6.1	Base de la experimentación	51
3.6.2	Fichas técnicas de las especies vegetales.....	51
3.1.	Zonificación.....	56
CAPÍTULO IV		57
4.	RESULTADOS	57
4.1.	Valoración de la fragilidad del paisaje actual en el ecosistema de la mina.....	57
4.2.	Análisis de suelo.....	57
4.2.1	Análisis químico	57
4.2.2	Análisis físico.....	59
4.2.3	Análisis topográfico	61
4.3.	Análisis del ecosistema de referencia.....	64
4.3.1	Índice de Simpson el ecosistema de referencia.....	64
4.3.2	Índice de Shannon en el ecosistema de referencia.....	65
4.4.	Experimentación con las especies del ecosistema de referencia	73
4.5.	Escenarios.....	79
4.6.	Modelación 3D	82
4.7.	Zonificación.....	83
4.8.	Actividades	85
4.8.1	Objetivos de la propuesta.....	85
4.8.2	Actividades a realizar.....	86
4.9.	Cronograma	90
4.10.	Presupuesto	94
4.11.	Plan de monitoreo	95
CAPÍTULO VI		96
6.	DISCUSIÓN.....	96

CAPÍTULO VII.....	99
7. CONCLUSIONES.....	99
CAPÍTULO VIII.....	100
8. RECOMENDACIONES	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXOS	104

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1: Concesiones Minera en el Azuay.	27
Ilustración 2 : Ubicación político-administrativa del área de libre aprovechamiento Chocarsí.....	33
Ilustración 3: Sobreposición del mapa en vista aérea y delimitación del primer frente de trabajo.	34
Ilustración 4: Entrada de la mina Chocarsí y primer frente de explotación.	35
Ilustración 5 " Parroquia Nulti.....	35
Ilustración 6: Imagen área del asentamiento Chocarsí	36
Ilustración 7: Modelo digital de la elevación en Nulti.....	36
Ilustración 8: Tipos de minería en Nulti	37
Ilustración 9 Erosión del suelo en la parroquia de Nulti.....	38
Ilustración 10: Mina Chocarsí primera visita al lugar.	39
Ilustración 11: Transecto para análisis de riqueza y abundancia en el ecosistema de referencia	44
Ilustración 12 Cuadrante para análisis de riqueza y abundancia en el ecosistema de referencia	45
Ilustración 13: Ruta de toma de muestras del suelo en ecosistema de referencia.	46
Ilustración 14: Ruta de toma de muestras del suelo en el ecosistema de la mina Chocarsí.....	47
Ilustración 15: Toma de muestra en ecosistema de referencia.	47
Ilustración 16: Distribución especies vegetales para la experimentación.....	55
Ilustración 17 Comparación de análisis químico	59
Ilustración 18 Comparación entre de la composición granulométrica del suelo	60
Ilustración 19 Comparación entre los límites del Suelo	60
Ilustración 20: Ortofoto de la zona a restaurar de la mina Chocarsí.....	61
Ilustración 21: Procesamiento tridimensional de la zona a restaurar de la mina Chocarsí.....	62
Ilustración 22: Procesamiento tridimensional de la zona a restaurar de la mina Chocarsí 2.....	62
Ilustración 23: Ortofoto del ecosistema de referencia.	63
Ilustración 24: Procesamiento tridimensional del ecosistema de referencia.	63
Ilustración 25 Procesamiento tridimensional del ecosistema de referencia 2.....	64
Ilustración 26 Línea de tiempo especie E3 Capulí (Prunus Serotina).....	73

Ilustración 27 Línea de tiempo especie E1 Penco (Agave Americana).....	74
Ilustración 28 Línea de tiempo especie E2 Sigsal (Cortaderia jubata)	74
Ilustración 29 Comparativa inicio y final de la experimentación.	75
Ilustración 30. Resultados de crecimiento ancho.....	76
Ilustración 31 Resumen de resultados de crecimiento alto	77
Ilustración 32 Curva de crecimiento ancho de Agave americana.....	78
Ilustración 33 Curva de crecimiento alto de Prunus serotina.....	78
Ilustración 34 Estimación porcentual de las especies para el diseño de la restauración paisajística.	79
Ilustración 35: Recreación del escenario tendencial de la mina Chocarsí.	80
Ilustración 36: Recreación del escenario utópico de la mina Chocarsí.	80
Ilustración 37: Recreación del escenario normativo de la mina Chocarsí primera etapa.....	81
Ilustración 38: Recreación del escenario normativo de la mina Chocarsí.....	81
Ilustración 39 Capturas de pantalla de la modelación 3D.....	82
Ilustración 40 Capturas de pantalla de la modelación 3D mina.....	83
Ilustración 41: Zonificación de problemas en la mina.....	84
Ilustración 42: Zonificación de la primera etapa de restauración.....	84
Ilustración 43. Comparación de la fragilidad el paisaje en otras minas de pétreos	96
Ilustración 44 Comparación de límites de Attenberg.....	97

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Desechos mineros, concesiones y autorizaciones para la explotación en la provincia del Azuay.....	26
Tabla 2: Valores de la Capacidad de absorción visual.	41
Tabla 3: Simbología para suelos granulares y suelos finos (SUCS)	50
Tabla 4: Nombres típicos del material (SUCS).....	51
Tabla 5: Nomenclatura de las especies para la experimentación.	55
Tabla 6 : Resumen de resultados del análisis químico de las muestras de suelo.	58
Tabla 7: Porcentaje de sobrevivencia.	75
Tabla 8: Resultados estadísticos de crecimiento del ancho.....	76
Tabla 9: Resultados estadísticos de crecimiento alto de la experimentación.....	77
Tabla 10: Jerarquización de los problemas en la mina Chocarsí.....	83

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Anexo fotográfico

Anexo 2: Formato para la toma de datos de crecimiento

Anexo 3: resultados de los análisis de suelo químico y físico

Anexo 4: Fichas de crecimiento llenas.

Anexo 5: Tablas con los resultados de crecimiento.

RESUMEN

La restauración ecológica es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. En las minas de pétreos la afectación a los ecosistemas es eminente y su restauración obligatoria de acuerdo a la ley. De esta manera surge la necesidad de un diseño de restauración paisajística de la mina de libre aprovechamiento del GAD municipal del cantón Cuenca denominada “Chocarsí”. La experimentación se basa en el establecimiento de 9 especies del ecosistema de referencia, ubicados en la zona de la mina Chocarsí durante 5 meses, con estos resultados se elaboró el diseño de restauración paisajística. Además del estudio comparativo de los análisis químicos físicos del suelo, de fragilidad y de la biodiversidad del ecosistema de referencia. Se determinó que el Capulí (*Prunus serotina*) y el Penco (*Agave americana*) son las especies vegetales que mejor se adaptaron al sustrato, sin embargo, también es importante considerar algunas otras fijadoras de nitrógeno que es el componente ausente en los suelos de Chocarsí, además que los dos ecosistemas no son muy diferentes en sus características edáficas, lo cual hace que el costo de la primera etapa de restauración no sea tan elevado. Se concluye que la importancia de restauración paisajística es fundamental para la recuperación de las trayectorias ecosistémicas y en este caso particular muy interesante para establecer sinergias sociales entre la institución rectora “GAD Municipal del Cantón Cuenca” y los habitantes de la zona y de la ciudad de Cuenca también.

PALABRAS CLAVES: RESTAURACIÓN PAISAJÍSTICA, ECOSISTEMA DE REFERENCIA, MINERÍA DE PÉTREOS, MODELACIÓN PAISAJÍSTICA, ESCENARIOS TENDENCIALES

ABSTRACT

The ecological restoration is a deliberate activity that initiates or accelerates the recovery of an ecosystem with respect to its health, integrity and sustainability. Article 40 of the Special Regulation for the Exploitation of Dry and Stone Materials, emphasizes the competence of the Municipal Governments for the revegetation and reforestation of the area (Ministerio de Recursos No Renovables, 2012). From this handle arises the need for a landscape restoration design of the mine for free use of the municipal GAD of the canton Cuenca called "Chocarsí". The experimentation is based on the establishment of 9 species of the reference ecosystem, located in the area of the Chocarsí mine during 5 months, with these results the design of landscape restoration was elaborated. In addition to the comparative study of physical chemical analysis of soil, fragility and biodiversity of the reference ecosystem. It was determined that the Capulí (*Prunus serotina*) and the Penco (*American Agave*) are the plant species that best adapted to the substrate, in addition that the two ecosystems are not very different in their edaphic characteristics, which makes the cost of the first restoration stage is not so high. It is concluded that the importance of landscape restoration is fundamental for the recovery of ecosystem trajectories and in this particular case very interesting to establish social synergies between the governing institution "GAD Municipal del Cantón Cuenca" and the inhabitants of the area and the city of Cuenca too.

KEYWORDS: LANDSCAPE RESTORATION, REFERENCE ECOSYSTEM, STONE MINING, LANDSCAPE MODELING, TREND SCENARIOS.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

La minería de superficie o también conocida como cielo abierto altera totalmente los espacios en donde se lleva a cabo esta actividad, ya que se desarrolla sobre la superficie de la tierra, de manera progresiva por capas o terrazas en terrenos previamente delimitados. Este tipo de minería se aplica en sitios donde los minerales están a poca profundidad (Banco Central del Ecuador, 2015); por lo tanto, modifica su entorno inmediato. Generando una condicionante de la biodiversidad que podría desarrollarse allí y el funcionamiento de los ecosistemas cercanos durante largos períodos de tiempo, mientras dura la explotación del recurso mineral. Las interacciones entre las actividades extractivas y el entorno son inevitables y muchas especies acaban alimentándose o refugiándose en otras zonas, esto genera la migración de especies faunísticas y la desaparición de especies en la zona de explotación.

Por medio de la Resolución N.º 214859 del Ministerio del Ambiente, con fecha 18 de octubre de 2016, se resuelve otorgar el Registro Ambiental para “Libre Aprovechamiento de Construcción para Obras Públicas de la Concesión Minera Libre Aprovechamiento de Materiales de Construcción Chocarsí con Código 10000311 MAE-RA-2016-272898 ubicada en la provincia del Azuay al GAD Municipal del cantón Cuenca”(GAD Municipal del cantón Cuenca, 2016).

Se estimó que la producción diaria de 501.724 m³ (GAD Municipal del cantón Cuenca, 2016) de material pétreo sería para obras públicas de construcción para garantizar las obras planificadas por la municipalidad de Cuenca.

La denominación de “pasivos ambientales mineros” hace referencia a los impactos negativos generados por las operaciones mineras abandonadas con o sin dueño u operador identificables y en donde no se haya realizado un cierre de minas regulado y certificado por la autoridad correspondiente (Yupari, 2003). Ahora con esa descripción la importancia de la restauración a estos pasivos ambientales es muy alta. Es aquí donde corresponden los planes de restauración como los estudios de impacto ambiental, que tienen como objetivo principal determinar el impacto posible a generar y como será

mitigado al final de la explotación para dejar el lugar en las condiciones semejantes y estables propias del lugar.

La restauración ecológica es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. Con frecuencia, el ecosistema que requiere restauración se ha degradado, dañado, transformado o totalmente destruido como resultado directo o indirecto de las actividades del hombre (SER, 2004). Un plan de restauración bien elaborado, dará resultados eficientes en poco tiempo. Por lo general para la restauración se debe especificar un lugar próximo con las mismas características iniciales a las del lugar degradado en este caso la zona minera de la parroquia de Nulti presenta algunas zonas no intervenidas que servirán para revisar las especies del lugar, observar y comparar su desarrollo tanto en flora como en fauna.

El ecosistema de referencia se encuentra a un kilómetro y medio de la mina Chocarsí en línea recta, todo el sector está alterado antropogénicamente; por lo tanto, el ecosistema de referencia también es ya un ecosistema alterado, pero que se encuentra en excelentes condiciones mostrando las características similares al ecosistema sin alteración, Este ecosistema de referencia es en el cual se aplicaron los análisis físico-químicos de suelo y de riqueza y abundancia vegetal.

En base a que el artículo 40 del *“Reglamento Especial para Explotación de Materiales Áridos y Pétreos”* recalca de la competencia de los Gobiernos Municipales para la revegetación y reforestación de la zona. (Ministerio de Recursos no Renovables, 2012) Se considera que, al finalizar la extracción del recurso, la restauración ecológica de estos espacios alterados ofrece la oportunidad de recrear hábitats concretos que, incluso, pueden formar parte del entorno de la sociedad brindando valores estéticos, recreativos e incluso valores agrícolas distintos que los hallados durante y después de la extracción de áridos. Con la implementación de esta “segunda vida” de los espacios degradados por las actividades extractivas mineras se puede compatibilizar la explotación de recursos mineros con el medio natural y una sociedad, cada vez mucho más exigente con la integración de estos espacios.

Es importante recalcar que la mina “Chocarsí” está en fase de explotación, por parte del GAD Municipal de Cuenca, la cual consta de 3 etapas, la primera etapa está próxima a culminar en noviembre de 2018 y por tanto se necesita un proyecto de restauración

paisajística y así cumplir con la normativa minera y con las expectativas sociales en el área.

1.1. Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Diseñar un plan de restauración paisajística de la mina de libre aprovechamiento, del GAD municipal del cantón Cuenca denominada “CHOCARSÍ”.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Realizar un estudio comparativo del ecosistema de referencia con el ecosistema degradado de la mina.
- Determinar los escenarios tendenciales después de la experimentación del crecimiento con especies del ecosistema de referencia.
- Proponer un plan de restauración, en base a los resultados obtenidos para eliminar el impacto visual y mejorar la calidad ambiental del sector.

1.2. Justificación

La parroquia Nulti ubicada en el este del cantón Cuenca, provincia del Azuay, tiene como sector primario económico la extracción de cualquier recurso del medio natural, lo que hace referencia a agricultura, pesca, explotación forestal y minería. El 4% de los hombres de la parroquia se dedican a la minería. Además de que se tiene en mente más proyectos de minería en la parroquia como es el caso de “Angas” que aportará con 300.000 onzas de oro. (Gobierno Autónomo Descentralizado parroquial rural de Nulti, 2015).

Es relevante recalcar que la parroquia durante los últimos años ha sido uno de los principales proveedores de lastre de acuerdo al Plan de Desarrollo Territorial. (Gobierno Autónomo Descentralizado parroquial rural de Nulti, 2015). La actual zona posee varios impactos visuales debido a la explotación minera a cielo abierto, por lo cual la restauración paisajística constituye una compensación en términos bióticos y además en términos sociales para que la población del sector no se oponga a próximos proyectos mineros.

De esto surge la necesidad de restaurar los sectores afectados por la minería, en este caso la mina “Chocarsí” como parte de mejorar la calidad de vida de la población respecto al impacto visual que provoca la explotación de pétreos.

El presente trabajo se enfocó en el análisis físico-químico del suelo existente, con el fin de mejorarlo haciendo que sus características sean semejantes a las del ecosistema de referencia y de esta manera poder llevar a cabo una experimentación de crecimiento con plantas propias del ecosistema, estudiando su reacción a las condiciones ambientales del mismo lugar por un tiempo definido.

Es transcendental realizar este estudio debido a que la restauración paisajística puede darse de cualquier manera, hasta de manera natural, pero la meta es que se dé con plantas propias de la zona para que el ecosistema recuperado sea semejante al de referencia.

El aporte de este trabajo es proporcionar un diseño de restauración paisajística basada no solo en la reforestación, sino en la recuperación del paisaje y su complejidad en estructura y funcionamiento.

El proyecto investigativo tiene un alto grado de importancia por su aplicación práctica para la Comisión de Gestión Ambiental (CGA), constituyéndose en un proyecto piloto que puede servir a la misma comunidad en otros proyectos de restauración en sitios mineros ya que la zona extrae varios materiales como: lastre, arena, asfalto y arcilla.

1.3.Marco Legal

Constitución de la república del Ecuador

Capítulo 2 Derecho del buen vivir

Artículo 14: reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, SUMAK KAWSAY. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Capítulo 6 Derechos de libertad

Artículo 66: se reconoce y garantizará a las personas: No. 27: el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza

Capítulo 7 Derechos de la Naturaleza

Artículo 71: la naturaleza o Pacha Mama, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos. Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad pública el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la constitución, en lo que proceda. El estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema.

Artículo 72: la naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados. En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas.

Artículo 73: El estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales. Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

Artículo 74: Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir. Los servicios ambientales no serán susceptibles de apropiación; su producción, prestación, uso y aprovechamiento serán regulados por el estado.

Titulo 6 Régimen de desarrollo

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos: 4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Titulo 7 Régimen del buen vivir

Sección novena: Gestión del riesgo

Art. 389: El estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad. (...) el estado ejercerá la rectoría a través del organismo técnico establecido en la ley. Tendrá como funciones principales, entre otras:

1.- Identificar los riesgos existentes y potenciales, internos y externos que afecten al territorio ecuatoriano.

3.- Asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgo en su planificación y gestión.

6.-Realizar y coordinar las acciones necesarias para reducir vulnerabilidades y prevenir, mitigar, atender y recuperar eventuales efectos negativos derivados de desastres o emergencias en el territorio nacional.

Capítulo segundo: Biodiversidad y recursos naturales

Artículo 395: La constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del estado en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.

3. El estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

Artículo 396: El estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción y omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el estado adoptará medidas protectoras, eficaces y oportunas. La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de

las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas. Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente. Las acciones legales para perseguir y sancionar por daño ambientales serán imprescriptibles.

Artículo 397: en caso de daños ambientales el estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental...

Artículo 398: toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente. El sujeto consultante será el estado. La ley regulará la consulta previa, la participación ciudadana, los plazos, el sujeto consultado y los criterios de valoración y de objeción sobre la actividad sometida a consulta.

El estado valorará la opinión de la comunidad según los criterios establecidos en la ley y los instrumentos internacionales de derechos humanos.

Artículo 399: El ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza.

Artículo 400: El estado ejercerá la soberanía sobre la biodiversidad, cuya administración y gestión se realizará con responsabilidad intergeneracional. Se declara de interés público la conservación de la biodiversidad y todos sus componentes, en particular la biodiversidad agrícola y silvestre y el patrimonio genético del país.

Artículo 404: El patrimonio natural del Ecuador único e invaluable comprende, entre otras, las formaciones físicas, biológicas y geológicas cuyo valor desde el punto de vista ambiental, científico, cultural o paisajístico exige su protección, conservación,

recuperación y promoción. Su gestión se sujetará a los principios y garantías consagrados en la Constitución y se llevará a cabo de acuerdo al ordenamiento territorial y una zonificación ecológica, de acuerdo con la ley.

Sección quinta Suelo

Artículo 409: Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión. En áreas afectadas por procesos de degradación y desertificación, el estado desarrollará y estimulará proyectos de forestación, reforestación y revegetación que eviten el monocultivo y utilicen, de manera preferente, especies nativas y adaptadas a la zona.

- **Decretos ejecutivos**

Reglamentos de aplicación de los mecanismos de participación social establecidos en la ley de gestión ambiental

Decreto 1040 R. 332

Artículo 9: La participación social es un elemento transversal y trascendental de la Alcance de la participación social gestión ambiental. En consecuencia, se integrará principalmente durante las fases de toda actividad o proyecto, especialmente las relaciones con la revisión y evaluación de impacto ambiental.

- **Leyes orgánicas**

Código Orgánico Integral Penal

R.O. 180-10-II-2014

Tiene la finalidad normar el poder punitivo del estado, tipificar las infracciones penales, establecer el procedimiento para el juzgamiento de las personas con estricta observancia del debido proceso, promover la rehabilitación social de las personas sentenciadas y la reparación integral de las víctimas.

Artículo 255: falsedad u ocultamiento de información ambiental la persona que emita o proporcione información falsa u oculte información que sea de sustento para la emisión y otorgamiento de permisos ambientales, estudios de impactos ambientales, auditorías y

diagnósticos ambientales, permisos o licencias de aprovechamiento forestal, que provoquen el cometimiento de un error por parte de la autoridad ambiental, será sancionada con pena privativa de libertad de uno a tres años. Se impondrá el máximo de la pena si la o el servidor público, con motivo de sus funciones o aprovechándose de su calidad de servidor o sus responsabilidades de realizar el control, tramite, emita o apruebe con información falsa permisos ambientales y los demás establecidos en el presente artículo.

Ley de gestión ambiental - 2004

Artículo 8: la autoridad ambiental nacional será ejercida por el ministerio del ramo, que actuará como instancia rectora, coordinadora y reguladora del sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, sino del perjuicio de las atribuciones que dentro del ámbito de sus competencias y autoridad conforme las leyes que las regulan, ejerzan otras instituciones del estado ambiental. El ministerio del ramo, contará con los organismos técnico - administrativos de apoyo, asesoría y ejecución, necesarios para la aplicación de las políticas ambientales, dictadas por el presidente de la república.

Artículo 19: las obras públicas privadas o mixtas, y los proyectos de evaluación de inversión públicos o privados que pueden causar impactos ambientales, impacto serán calificados previamente a su ejecución, por los organismos ambiental y descentralizados de control, conforme el sistema único de manejo del control ambiental, cuyo principio rector será el precautelar.

Artículo 20: para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la licencia respectiva otorgada por el ministerio del ramo.

Artículo 21: los sistemas de manejo ambiental incluirán estudios de línea base: evaluación del impacto ambiental, evaluación de riesgos, planes de manejo; sistemas de monitoreo; planes de contingencia y mitigación; auditorías ambientales y planes de abandono. Una vez cumplidos estos requisitos y de conformidad con la calificación de los mismos.

Artículo 22: los sistemas de manejo ambiental en los contratos que requieran estudios de impacto ambiental y en las actividades para las que se hubiere otorgado licencia ambiental, podrán ser evaluados en cualquier momento, a solicitud del ministerio del ramo o de las personas afectadas.

La evaluación del cumplimiento de los planes de manejo ambiental aprobados se le realizará mediante la auditoría ambiental, practicada por consultores previamente calificados por el ministerio del ramo, a fin de establecer los correctivos que deban hacerse.

Art. 29.- toda persona natural o jurídica tiene derecho a ser informada oportuna y suficientemente sobre cualquier actividad de las instituciones del estado que, conforme al reglamento de esta ley, pueda producir impactos ambientales. Para ello podrá formular peticiones y deducir acciones de carácter individual o colectivo ante las autoridades competentes.

Artículo 33: establézcanse como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento.

Ley de Gestión Ambiental – 2004

Ley de minería

R.O. S. 37-16-vii-2013

Norma el ejercicio de los derechos soberanos del estado ecuatoriano, para administrar, regular, controlar y gestionar el sector estratégico minero, de conformidad con los principios de sostenibilidad, precaución, prevención y eficiencia.

Artículo 3: sustitúyase el artículo 26 de la ley minería por el siguiente: “Art. 26.- actos administrativos previos. Para ejecutar las actividades mineras se requieren, de manera obligatoria, actos administrativos motivados y favorables otorgados previamente por las siguientes instituciones dentro

Ley de minería

R.O. S. 37-16-VII-2013 del ámbito de sus respectivas competencias:

A) Del ministerio del ambiente, la respectiva licencia ambiental debidamente otorgada.

B) De la autoridad única del agua, respecto de la eventual afectación a cuerpos de agua superficial y/o subterránea y del cumplimiento al orden de prelación sobre el derecho al acceso al agua.

adicionalmente, el concesionario minero presentará al ministerio sectorial una declaración juramentada realizada ante notario en la que exprese conocer que las actividades mineras no afectan: caminos, infraestructura pública, puertos habilitados, playas de mar y fondos marinos; redes de telecomunicaciones; instalaciones militares; infraestructura petrolera; instalaciones aeronáuticas; redes o infraestructura eléctricas; o vestigios arqueológicos o de patrimonio natural y cultural.

La falsedad comprobada en la declaración de la referencia anterior será sancionada de conformidad con las penas aplicables al delito de perjurio.

Si la máxima autoridad del sector minero de oficio o a petición de parte advirtiere que las actividades del solicitante pudieren afectar a los referidos bienes o patrimonio, solicitará la respectiva autorización a la entidad competente, la que deberá emitir su pronunciamiento en el término de treinta días. De no hacerlo en ese lapso, se entenderá que no existe oposición ni impedimento para el inicio de las actividades mineras, y el funcionario responsable será destituido. Respecto de la emisión de los informes de tales actos administrativos se estará a la aplicación de las normas del procedimiento jurídico administrativo de la función ejecutiva.

Artículo 16: dominio del estado sobre minas y yacimientos "(...) El dominio del estado sobre el subsuelo se ejercerá con independencia del derecho de propiedad sobre los terrenos superficiales que cubren las minas y yacimientos. La explotación de los recursos naturales y el ejercicio de los derechos mineros se ceñirán al plan nacional de desarrollo, a los principios del desarrollo sustentable y sostenible, de la protección y conservación del medio ambiente y de la participación y responsabilidad social, debiendo respetar el patrimonio natural y cultural de las zonas explotadas. Su exploración y explotación racional se realizará en función de los intereses nacionales, por personas naturales o jurídicas, empresas públicas, mixtas o privadas, nacionales o extranjeras, otorgándoles derechos mineros, de conformidad con esta ley. La exploración y explotación de los recursos mineros estará basada en una estrategia de sostenibilidad ambiental pública que priorizará la fiscalización, contraloría, regulación y prevención de la contaminación

y remediación ambiental, así como el fomento de la participación social y la veeduría ciudadana."

Artículo 80: si la actividad minera requiere de trabajos que obliguen al retiro de la revegetación y reforestación capa vegetal y la tala de árboles, será obligación del titular del derecho minero proceder a la revegetación y reforestación de dicha zona preferentemente con especies nativas, conforme lo establecido en la normativa ambiental y al plan de manejo ambiental.

Artículo 81: acumulación de residuos y prohibición de descargas de desechos los titulares de derechos mineros y mineros artesanales, para acumular residuos minero metalúrgicos deben tomar estrictas precauciones que eviten la contaminación del suelo, agua, aire y/o biota de los lugares donde estos se depositen, en todas sus fases incluyendo la etapa de cierre, construyendo instalaciones como escombreras, rellenos de desechos, depósitos de relaves o represas u otras infraestructuras técnicamente diseñadas y construidas que garanticen un manejo seguro y a largo plazo. Se prohíbe la descarga de desechos de escombros, relaves u otros desechos no tratados, provenientes de cualquier actividad minera, hacia los ríos, quebradas, lagunas u otros sitios donde se presenten riesgos de contaminación. El incumplimiento de esta disposición ocasionará sanciones que pueden llegar a la caducidad de la concesión o permiso.

Artículo 82: conservación de la flora y fauna los estudios de impacto ambiental y los planes de manejo ambiental, deberán contener información acerca de las especies de flora y fauna existentes en la zona, así como realizar los estudios de monitoreo y las respectivas medidas de mitigación de impactos en ellas.

Artículo 83: manejo de desechos el manejo de desechos y residuos sólidos, líquidos y emisiones gaseosas que la actividad minera produzca dentro de los límites del territorio nacional, deberá cumplir con lo establecido en la constitución y en la normativa ambiental vigente.

Artículo 84: protección del ecosistema las actividades mineras en todas sus fases, contarán con medidas de protección del ecosistema, sujetándose a lo previsto en la constitución de la república del Ecuador y la normativa ambiental vigente.

Artículo 86: daños ambientales para todos los efectos legales derivados de la aplicación de las disposiciones del presente artículo y de la normativa ambiental vigente, la

autoridad legal es el ministerio del ambiente. Para los delitos ambientales, contra el patrimonio cultural y daños a terceros se estará a lo establecido en la constitución de la república del Ecuador y en la normativa civil y penal vigente. El incumplimiento de las obligaciones contenidas en este capítulo, dará lugar a las sanciones administrativas al titular de derechos mineros y poseedor de permisos respectivos por parte del ministerio sectorial, sin perjuicio de las acciones civiles y penales a que diere lugar. Las sanciones administrativas podrán incluir la suspensión de las actividades mineras que forman parte de dicha operación o la caducidad. El procedimiento y los requisitos para la aplicación de dichas sanciones estarán contenidos en el reglamento general de la ley.

Artículo 144: libre estado directamente o a través de sus contratistas podrán aprovechar libremente los materiales de construcción para obras aprovechamiento públicas en áreas no concesionadas o concesionadas, considerando la de materiales de finalidad social o pública del libre aprovechamiento, estos serán construcción autorizados por el ministerio sectorial. La vigencia y los volúmenes de para obras explotación se regirán y se extenderán única y exclusivamente por los públicos requerimientos técnicos de producción y el tiempo que dure la ejecución de obra pública, dicho material podrá emplearse única y exclusivamente en beneficio de la obra pública para la que se requirió el libre aprovechamiento (...)."(...) Las autorizaciones de libre aprovechamiento, están sujetas al cumplimiento de todas las disposiciones de la presente ley, especialmente las de carácter ambiental. Los contratistas que explotaren los libres aprovechamientos, están obligados al cumplimiento del plan de manejo ambiental (...)"

Reglamentos

Reglamento general de la ley de minería

Decreto Ejecutivo 119 ROS 67 del 16 de nov.-2009

Con el reglamento general de la ley de minería, se establece la normativa necesaria para la aplicación de la ley de minería.

Artículo 51: libres aprovechamientos en concesiones mineras en el evento de otorgarse autorizaciones de libre aprovechamiento en concesiones en las que se realicen actividades mineras, los beneficiarios de estas autorizaciones deberán atenerse a los condicionamientos establecidos en el informe técnico que emita la agencia de regulación y control minero. El informe determinará el sistema de explotación de libre

aprovechamiento que deberá ser compatible con las actividades mineras aprobadas en el estudio de impacto ambiental del titular de la concesión. Los beneficiarios de tales autorizaciones serán responsables de las afecciones ambientales resultantes de sus actividades.

Tabla 7: Reglamento General a la Ley de Minería ROS 67

Reforma al reglamento ambiental para las actividades mineras

R.O. 795 del 12 VII 2016

Artículo 4: "inclúyase después del artículo 10 los siguientes"(...) 1. Proyectos de bajo impacto y riesgo ambiental: el proponente de derecho minero deberá aplicar los mecanismos de participación social establecidos en la normativa ambiental aplicable y presentar a la autoridad ambiental competente el informe y respaldos respectivos"

Reforma al reglamento ambiental para las actividades mineras

R.O. 795 del 12 VII 2016

Artículo 5: sustitúyase el artículo 11 por el siguiente: " registro ambiental: para el período de explotación inicial la autoridad ambiental nacional mediante el sistema único de información ambiental otorgará el registro ambiental, el mismo que deberá contener la ficha ambiental presentada por el titular de los derechos mineros."

Artículo 6: inclúyase después de artículo 11, el siguiente artículo enumerado: artículo (...): otorgamiento, nulidad o revocatoria del registro ambiental: el registro ambiental se otorgará automáticamente a través del sistema único de información ambiental. Para ese efecto, es obligación del titular minero consignar información veraz y verificable. Si mediante los mecanismos de control y seguimiento implementados por la autoridad ambiental competente se determina que la información presentada no es veraz o es inexacta, o que el plan de manejo ambiental no es acorde a la actividad minera, la autoridad ambiental podrá resolver la nulidad o revocatoria del registro ambiental, según sea el caso, y el titular minero o proponente estará sujeto a las sanciones a que haya lugar.

Artículo 18: sustitúyase el inciso tercero y cuarto del artículo 58 (reformado por el Art. 2 del AM. 244, R.O. 336, 18-IX-2014; y, por el Art. 23 del AM. 080, R.O. 520-S, 11-VI-

2015) por los siguientes: "los titulares de derechos mineros no tendrán responsabilidad respecto de daños ambientales generados por otras actividades ajenas a sus labores mineras siempre y cuando el titular minero demuestre documentada y técnicamente que dichos daños no fueron provocados por él. En este caso, deberá, de ser posible identificar al responsable. (...) Si dichos daños provienen de la realización de actividades mineras previas a la obtención de la mencionada licencia ambiental o por actividades mineras ilegales durante la vigencia de la misma, el plan de manejo ambiental deberá contemplar medidas de reparación integral (remediación, restauración, compensación y/o indemnización, acciones de no repetición), conforme a lo establecido en el acuerdo interministerial nro. 001 de 12 de octubre 2012 y demás normativa ambiental aplicable (...)"

Reglamento del régimen especial para el libre aprovechamiento de materiales de construcción para la obra pública

Decreto N.º 797

El presente reglamento tiene como objeto establecer la normativa necesaria que permita la aplicación de la ley de minería y su reglamento general, para administrar, regular, controlar y gestionar el sector minero, de conformidad con los principios de sostenibilidad, precaución, prevención y eficiencia, en lo relativo al régimen especial de libre aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas.

Artículo 2: "el estado, directamente o a través de sus contratistas, podrá aprovechar libremente los materiales de construcción para obras públicas en áreas no concesionadas o concesionadas"

Artículo 3: el material que se extraiga mediante libre aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas, será empleado única y exclusivamente en la ejecución de las mismas; de usarse para otros fines, se sancionará de conformidad con lo establecido en los artículos 144 de la ley de minería y 49 del reglamento general de minería"

Artículo 24: responsabilidades ambientales en la ejecución de actividades de libre aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas "para la realización de actividades del libre aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas, estas contarán con el permiso ambiental correspondiente, el beneficiario de la

autorización deberá notificar la ejecución de estas actividades a la agencia de regulación y control minero"

- **Reglamento de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito minero**

R.O. N.º 247 de 16 V 2014

Este documento establece normas para la aplicación de la ley de minería, a fin de precautelar la seguridad y salud en el trabajo de las personas en todas las fases de la actividad minera como señala el capítulo VII, Art. 27 de la ley de minería.

Son obligaciones de los titulares de derechos mineros:

- A. Preservar la vida, seguridad, salud, dignidad e integridad laboral de sus trabajadores y servidores mineros, contratistas permanentes o temporales, personal técnico, administrativo y operativo; así como de visitantes y toda persona que tenga acceso a las instalaciones y áreas de operación minera.*
- B. Artículo 8: implementar un sistema de gestión en seguridad y salud en el trabajo*

Obligaciones de establecido en la normativa legal vigente.

- C. Implementar las condiciones los titulares de adecuadas y saludables de hospedaje en los campamentos estables y/o derecho minero temporales de trabajo.*
- D. Permitir las auditorias de trabajo en sus instalaciones administrativas y operativas, y en cada una de las fases de la actividad minera a los funcionarios de los organismos de control.*
- E. Contar con los profesionales especializados en ramas afines a la gestión de seguridad y salud en el trabajo bajo cuya responsabilidad se desarrolle el sistema de gestión.*

Artículo 30: el personal asignado a estas actividades deberá recibir equipo de equipos y protección personal y ropa adecuada para su trabajo; así como las ropas de medios de orientación y supervivencia adecuados a la zona de protección prospección y exploración. Todos estos medios e insumos serán de personal cuenta del empleador.

Artículo 125: de los incumplimientos de conformidad con la legislación vigente en materia seguridad y salud en el trabajo, los titulares de derechos mineros que

incumplieren con sus obligaciones dispuestas en este reglamento, se someterán a sanciones de conformidad a las leyes dispuestas y/o contempladas para el efecto en la normativa del ministerio de relaciones laborales, instituto ecuatoriano de seguridad social, ministerio de salud pública del ecuador y demás organismos competentes.

Acuerdos

Acuerdo ministerial 061

R.O. N.º 316

Este documento reforma el libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente (TULSMA) referente a la calidad ambiental

Artículo 24: registro ambiental "es el permiso ambiental otorgado por la autoridad ambiental competente mediante el Suia, obligatorio para aquellos proyectos, obras o actividades considerados de bajo impacto y riesgo ambiental." (...) "el sujeto de control deberá cumplir con las obligaciones que se desprendan del permiso ambiental otorgado."

Artículo 209: de la calidad del agua "son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad del agua, se realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores (...)"

Artículo 212: calidad de suelos "(...) Constituyen normas de calidad del suelo, características físico-químicas y biológicas que establecen la composición del suelo y lo hacen aceptable para garantizar el equilibrio ecológico, la salud y el bienestar de la población"

Artículo 215: calidad de los sedimentos "los sedimentos pueden ser de origen natural, tales como los existentes en el mar, los lechos de los lagos y lagunas, ríos, quebradas y demás cuerpos hídricos, ya sean éstos de caudales permanentes o temporales; y los de origen industrial, como aquellos provenientes de plantas de tratamiento, tanques de almacenamiento u otros. Para realizar la evaluación de la calidad ambiental mediante análisis de sedimentos, se deberá aplicar muestreos y monitoreos de las áreas directamente influenciadas por la actividad regulada, siguiendo los protocolos que

normen la autoridad ambiental nacional y en el caso de no existir, siguiendo protocolos aceptados internacionalmente."

Artículo 219: de la calidad del aire "corresponde a características del aire ambiente como el tipo de sustancias que lo componen, la concentración de las mismas y el período en el que se presentan en un lugar y tiempo determinado; estas características deben garantizar el equilibrio ecológico, la salud y el bienestar de la población."

Artículo 231: de la calidad visual "corresponde a aquellas características físicas externas de una obra civil que permiten guardar armonía con el entorno en donde se construya, procurando el uso de materiales de la zona, ecológicamente amigables y minimizando dentro de lo posible los impactos visuales. La autoridad ambiental competente, debe procurar mediante mecanismos de regulación

Acuerdo ministerial 061

P.o. no 316

Este documento reforma el libro vi del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente referente a la calidad ambiental y control, que los promotores de obras civiles observen los criterios antes expuestos (...)"

Las actividades regularizadas mediante un registro ambiental serán controladas mediante un informe ambiental de cumplimiento, inspecciones, monitoreos y demás establecidos por la autoridad ambiental competente.

Artículo 262: estos informes, deberán evaluar el cumplimiento de lo establecido en la normativa ambiental, plan de manejo ambiental, condicionantes establecidos informes en el permiso ambiental respectivo y otros que la autoridad ambiental lo ambientales establezca. De ser el caso el informe ambiental contendrá un plan de acción de que contemple medidas correctivas y/o de rehabilitación. Cumplimiento la información entregada por el sujeto de control podrá ser verificada en campo y de evidenciarse falsedad de la misma, se dará inicio a las inspecciones legales correspondientes.

Sin perjuicio que la autoridad ambiental competente pueda disponer que se articuló 263: de la periodicidad y revisión presente un informe ambiental de cumplimiento en cualquier momento en función del nivel de impacto y riesgo de la actividad, una vez cumplido el año de otorgado el registro ambiental a las actividades, se deberá presentar el primer

informe ambiental de cumplimiento; y en lo posterior cada dos (2) años contados a partir de la presentación del primer informe de cumplimiento

Ordenanzas

Ordenanza que regula la actividad minera para materiales áridos y pétreos en el cantón Cuenca

29 de septiembre de 2016

Este cuerpo legal tiene por objeto establecer normas de aplicación obligatoria para otorgar, administrar, autorizar, regular, controlar, sancionar y extinguir derechos en las fases de la actividad minera de materiales áridos y pétreos ubicados dentro de la jurisdicción del cantón Cuenca, de conformidad con los principios de sustentabilidad, subsidiariedad, sostenibilidad, eficiencia y responsabilidad social en defensa del bien común.

Artículo 3: de las atribuciones de la dirección general de minas del GAD municipal del cantón Cuenca

- literal j coordinar con los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales actividades relacionados con la explotación de áridos y pétreos ubicados en sus territorios, para obtener la autorización de libre aprovechamiento de materiales de construcción para obras públicas

Artículo 24: de existir daños al medio ambiente, causados por la explotación de daños ambientales lechos de ríos y canteras, abandonos intempestivos de actividades de explotación, atentados al paisaje, taponamiento de lechos de ríos y quebradas, rellenos de los márgenes de protección de ríos y quebradas, lagos y lagunas, amenazas al equipamiento urbano o a viviendas que se encontraren cerca de las explotaciones, socavamiento de lechos de ríos y quebradas, cambio del curso de las escorrentías naturales, la dirección general de minas comunicará a la comisión de gestión ambiental y a la secretaria nacional del agua para la evaluación ambiental correspondiente.

En caso de duda sobre el daño ambiental, resultante de alguna acción u omisión, la dirección general de minas coordinará con la comisión de gestión ambiental inspecciones conjuntas para comprobar el daño y adoptar medidas eficaces para la protección al medio ambiente.

Para todos los efectos legales derivados de la aplicación de la presente ordenanza, la autoridad legal es la dirección general de minas del GAD municipal del cantón Cuenca; en lo relativo a infracciones ambientales, será la comisión de gestión ambiental quien actuará conforme a sus competencias; y, de existir daños ambientales irreversibles debidamente comprobados, la comisión de gestión ambiental remitirá a la dirección general de minas los informes debidamente motivados sobre el daño ocasionado, quien iniciará el procedimiento de caducidad, suspensión temporal o definitiva del derecho minero o autorización, sin perjuicio de los efectos civiles o penales a que diere lugar.

Artículo 37: suspensión: las concesiones, permisos y actividades mineras pueden ser suspendidos de manera inmediata por la dirección general de minas, en los siguientes casos: (...) Literal f: por impedir la inspección de las instalaciones u obstaculizar las mismas sobre las instalaciones u operaciones en la concesión minera, a los funcionarios debidamente autorizados por parte de los ministerios sectorial y del ambiente y sus entidades adscritas (...)

Artículo 46: de las prohibiciones los titulares de los derechos mineros estarán sujetos a las siguientes prohibiciones: a) el cierre del área autorizada sin comunicar oportunamente a la dirección general de minas del GAD municipal del cantón Cuenca, será sancionado con una multa equivalente a 20 remuneraciones básicas unificadas, sin perjuicio de que la comisión de gestión ambiental haga efectivas las garantías bancarias entregadas, y de las responsabilidades civiles o penales que pudiera conllevar la gravedad de la infracción en contra de la naturaleza y el medio ambiente por los impactos, afecciones a los cauces mayores, menores, contaminación ambiental de los ríos, o el abandono de operaciones sin previo aviso.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La Restauración ecológica y su relación con el paisaje

La evaluación del paisaje puede definirse como las relaciones comparativas entre dos o más paisajes en términos de calidad visual (Muñoz-Pedrerros, 2017), con la comparación de un espacio que fue intervenido por una actividad antropogénica con otra que no lo ha sido, la restauración paisajística se convierte en la herramienta actual para la remediación de un espacio degradado visualmente con la imagen objetivo de que se convierta en restauración ecológica a largo plazo.

Existe una organización que es la encargada en promover activamente la restauración, es conocida como SER, (Society for Ecological Restoration) esta define a la restauración paisajística como: *“La restauración ecológica es el proceso de ayudar el restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido.”* (SER, 2004). En la restauración paisajística involucra otros términos importantes como: ecosistema degradado, ecosistema de referencia.

Varios factores son los que determinan si un ecosistema puede ser de referencia a comparación de otro. Gracias a SER, los conceptos de restauración como otros ya están claramente definidos en este caso ecosistema de referencia, según el SER es: *“Un modelo característico de un ecosistema particular que dirige o establece la meta del proyecto de restauración”* (SER, 2004). En este caso en específico el ecosistema de referencia servirá para identificar la flora propia del lugar y determinar las especies idóneas para realizar la experimentación en la mina a restaurar, además es esencial para resolver el objetivo-sujeto, la contraparte para poder realizar la restauración, es decir, ¿restaurar a partir de que, basado en que y hacia dónde (Aguirre, Torres, & Velasco, 2013).

La restauración resultante va a poseer varios atributos, por ejemplo: *“El ecosistema restaurado contendrá un conjunto característico de especies que habitan en el ecosistema de referencia y que proveen una estructura apropiada de la comunidad”* (SER, 2004).

2.2. La Sucesión ecológica y especies pioneras

La sucesión ecológica es la dinámica de cambio que se da como resultado de factores internos y externos (Vargas, 2011). Esta se divide en primaria y secundaria.

Después de un acontecimiento cualquiera donde se crea una extensión de tierra nueva, el suelo empieza su etapa de vida es decir está listo para que pueda ser colonizado por primera vez. Las especies pioneras son plantas resistentes que necesitan pocos requerimientos del suelo, pero al asentarse de manera temporal ayudan a la estabilización del suelo para que plantas menos resistentes puedan crecer, además a medida que estas plantas mueren añaden materia orgánica que de igual manera sirve de abono para estas nuevas especies, este proceso se repite varias veces hasta que llegue a un punto de estabilidad. Todo esto es lo que se conoce como sucesión primaria.

La sucesión secundaria por otro lado se da cuando un acontecimiento que pueden ser la base de este reinicio del hábitat la más simple de explicar son las erupciones volcánicas donde se elimina todo al paso de lava, cambiando las características físicas y químicas del suelo, de ahí se da un proceso semejante de adaptación, estabilización con especies pioneras.

2.3. Calidad ambiental

Nichol & Wong, 2005 definen calidad ambiental como aquella consecuencia de la interacción del conjunto de factores humanos y ambientales que inciden de manera favorable o desfavorable en los habitantes de una ciudad. Asimismo, estos autores señalan que éste es un concepto abstracto que resulta de factores humanos y naturales que operan a diferentes escalas espaciales.

La minería como tal trae consigo cambios drásticos en la estructura del suelo, ejemplificados en la compactación generada por el uso de maquinaria y la erosión de los mismos, fenómeno acelerado por factores climáticos como el viento y la precipitación. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015), todos estos cambios afectan de manera desfavorable asiendo que la calidad ambiental de la zona disminuya.

2.4. Necesidad de restauración del ecosistema degradado

Las razones para que una restauración se dé no solo nace por la obligación de cumplir una ley en este caso el artículo 40 del “Reglamento Especial Para Explotación De Materiales Áridos y Pétreos” recalca de la competencia de los Gobiernos Municipales para la revegetación y reforestación de la zona. (Ministerio de Recursos no Renovables, 2012). Además del cuidado al medio ambiente, la restauración se da por una perspectiva socioeconómica, ya que directamente ésta tiene un efecto significativo sobre los recursos no renovables, genera un bien económico, pero por otro lado la alteración del relieve, el

suelo o la vegetación disminuye el potencial agrícola, forestal, genético y ecoturístico de una zona (Navarro Cano, Estellés, Barberá, Castillo Sánchez, & Miguel, 2017).

“La explotación minera es una de las actuaciones con mayor incidencia en el territorio. La implantación de una actividad de estas características supone la eliminación total de la cubierta vegetal, modificaciones en la estructura del terreno, emisiones de polvo, etc.; intervenciones que, en general, van a derivar en el detrimento de su entorno paisajístico” (Sánchez, 2015)

La restauración paisajística trae consigo varios beneficios no solo visuales sino de recuperación y ambientales, por ejemplo, la restauración paisajística es parte importante de los esfuerzos para proteger la biodiversidad y contribuir con el desarrollo sostenible (FAO, 2015). Además de *“mejorar la calidad de vida de la sociedad humana con el desarrollo de proyectos que recuperen los espacios alterados y/o degradados”* (García, 2014). Como lo dice Moreno y Durán *“Todo este proceso no busca sino la creación de una unidad vegetal capaz de mantenerse por sí misma, tal y como ocurriría en la naturaleza”*

2.5. Ecosistema de referencia

Un ecosistema de referencia es un modelo característico de un ecosistema particular que dirige o establece la meta del proyecto de restauración. Esto implica describir los atributos específicos de la composición, estructura y función del ecosistema que deben reincorporarse para llegar a un estado de auto organización, el cual conducirá a la recuperación completa. Este modelo se sintetiza a partir de información referente a las condiciones pasadas, actuales y previstas para el sitio y otros similares en la misma región, considerando a las partes interesadas (McDonald, Gann, Jonson, & Dixon, 2016).

2.5.1 Consideraciones a escoger un sistema de referencia

Condiciones abióticas, incluyendo sustratos, hidrología, flujos de energía, ciclos de nutrientes, regímenes de perturbaciones y factores promotores del ecosistema de referencia, deben ser considerados, junto con la biota del ecosistema de referencia que está siendo caracterizado. Entonces, la formulación de un ecosistema de referencia implica el análisis de la composición (especies), estructura (complejidad y configuración de especies) y función (procesos abióticos y biofísicos subyacentes y dinámicas de las comunidades de organismos) del ecosistema que será restaurado en el sitio. El ecosistema de referencia también debería incluir descripciones de los estados sucesiones o de

desarrollo que caractericen estados de degradación o recuperación del ecosistema y descripciones de los factores de estrés ecológico y regímenes de perturbación que necesitasen ser restablecidos (McDonald et al., 2016).

2.6. Ecosistema degradado

Un impacto negativo a un ecosistema que resulta en la pérdida de biodiversidad y la simplificación o disrupción de su estructura, composición y funcionalidad. Generalmente conduce a la reducción en el flujo de bienes y servicios ecosistémicos (SER, 2004).

2.6.1 Destrucción de un ecosistema

Cuando la degradación o el daño quita toda la vida macroscópica y comúnmente arruina el ambiente físico de un ecosistema (SER, 2004).

2.7. Ecosistema objetivo

Es útil tener una jerarquía de términos como “ecosistema objetivo”, “meta” y “objetivos”, para organizar la planificación, de modo que los tratamientos propuestos estén acordes a los resultados deseados. Si bien no existe una terminología universalmente aceptada y muchos grupos prefieran usar su propia jerarquía de términos, los estándares adoptan la terminología de los estándares abiertos para la práctica de la conservación. (McDonald et al., 2016)

2.8. La minería en el Ecuador

El Gobierno nacional decidió apoyar el desarrollo de la industria minera y atraer capitales hacia este sector considerando que el Ecuador es un país con potencial minero, que tiene reservas de oro, plata y cobre, además de una variada oferta de productos mineros. Bajo este fundamento se creó el Ministerio de Minería del Ecuador, mediante decreto ejecutivo 578 de 13 de febrero de 2015. Esta secretaría de estado es el ente rector y ejecutor de la política minera del área geológico-minera de conformidad con los principios de sostenibilidad, precaución, prevención y eficiencia; además, es parte de sector estratégico del país (Banco Central del Ecuador, 2015).

La Ley de Minería establece que: “La explotación de los recursos naturales y el ejercicio de los derechos mineros se ceñirán al Plan Nacional de Desarrollo, a los principios del desarrollo sustentable y sostenible, de la protección y conservación del medio ambiente y de la participación y responsabilidad social, debiendo respetar el patrimonio natural y cultural de las zonas explotadas. Su exploración y explotación racional se realizará en

función de los intereses nacionales, por personas naturales o jurídicas, empresas públicas, mixtas o privadas, nacionales o extranjeras, otorgándoles derechos mineros, de conformidad con esta ley” (Banco Central del Ecuador, 2015).

La misma Ley clasifica a la minería en el país en cuatro clases: la artesanal o de subsistencia, la pequeña minería, la mediana minería y la minería a gran escala. Clasificación que se da de acuerdo a los niveles de producción diarios que puede tener una mina. También determina que el estado ejecuta sus actividades mineras por intermedio de la Empresa Nacional Minera y podrá constituir compañías de economía mixta (Banco Central del Ecuador, 2015).

2.8.1 Tipos de minería

a) Metálicos

Son los que se explotan con el fin de extraer el elemento metálico que contienen, entre los que se considera los metales preciosos (el oro, la plata y los metales del grupo del platino), los metales siderúrgicos (hierro, níquel, cobalto, titanio, vanadio y cromo), los metales básicos (cobre, plomo, estaño y cinc), los metales ligeros (magnesio y aluminio), los metales nucleares (uranio, radio y torio) y los metales especiales (litio, germanio, galio y arsénico).

b) No metálicos

Son los que se aprovechan con finalidad distinta a la de extraer metales, a pesar de que los contengan, entre los que se encuentran los minerales industriales que incluyen los de potasio y azufre, el cuarzo, la trona, la sal común, el amianto, el talco, el feldespato y los fosfatos. Los materiales de construcción, entre ellos la arena, la grava, las arcillas, la caliza y los esquistos materia prima del cemento, las piedras pulidas, como el granito, el mármol, etc. Las gemas o piedras preciosas, entre las que se incluyen las esmeraldas, los diamantes, los rubíes y zafiros; y, las gemas o piedras semipreciosas como: turquesa, cuarzo, perla, jade, zircón, ámbar, malaquita, etc. Los combustibles, entre ellos el carbón, el lignito, el petróleo y el gas (Banco Central del Ecuador, 2015).

2.8.2 La minería en el Azuay

La minería es de gran relevancia socioeconómica en la provincia y también en torno a la cual se dan muchos conflictos socioambientales *“todas las actividades mineras se desarrollan, generalmente, en la parte alta y media de las subcuencas, pero los impactos ambientales de la explotación se sienten decisivamente en los espacios de las zonas bajas.*

La minería impulsa el desarrollo y crecimiento de los centros poblados ya constituidos y origina nuevos asentamientos mineros (Gobierno Provincial del Azuay, 2015).”

Según el plan de ordenamiento territorial de la provincia del Azuay en el 2014 la Agencia de Regulación y Control Minero (ARCOM) declara que existe un total de 723 concesiones mineras las mismas que constan en la tabla y mapa siguientes.

Tabla 1: Desechos mineros, concesiones y autorizaciones para la explotación en la provincia del Azuay.

<i>Cantón</i>	<i>Total, de Concesiones</i>	<i>Metálicos</i>	<i>No Metálicos</i>	<i>Metálicos, No Metálicos</i>	<i>Materiales de Construcción</i>
<i>Cuenca</i>	159	55	42	6	56
<i>C. Ponce Enríquez</i>	202	171	2	17	12
<i>Chordeleg</i>	8	-	1	-	7
<i>El Pan</i>	4	3	-	-	1
<i>Girón</i>	12	1	4	-	7
<i>Guachapala</i>	10	1	-	-	9
<i>Gualaceo</i>	32	1	7	-	24
<i>Nabón</i>	18	7	7	-	4
<i>Oña</i>	19	13	-	1	5
<i>Paute</i>	50	1	4	2	43
<i>Pucara</i>	95	64	12	11	8
<i>San Fernando</i>	8	-	-	1	7
<i>Santa Isabel</i>	54	23	1	-	30
<i>Sevilla de Oro</i>	8	-	-	-	8
<i>Sígsig</i>	44	32	1	2	9
<i>TOTAL</i>	723	372	81	40	230

Fuente: ARCOM 2014

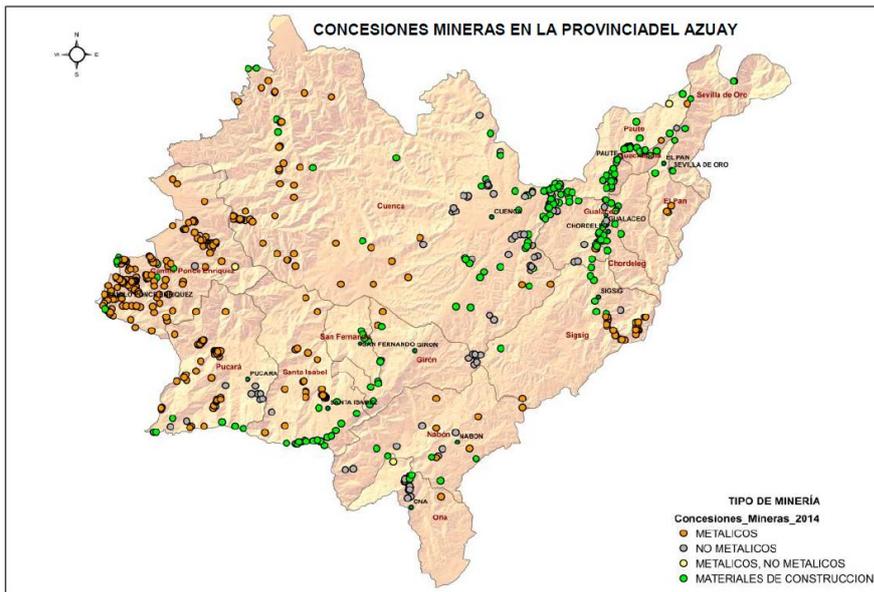


Ilustración 1: Concesiones Minera en el Azuay.

Fuente: ARCOM 2014

2.9. Plan de restauración paisajística

2.9.1 Definición de plan de restauración

El plan de restauración se refiere a todos los trabajos realizados para alcanzar un diseño de recuperación de un ecosistema, desde la fase planificación, pasando por la implementación, hasta el punto de recuperación completa (McDonald et al., 2016).

2.9.2 Contenido de un plan de restauración

El plan básico de restauración, debe tener un marco de planeación conceptual, basado en la identificación de los posibles disturbios y en la definición de lo que se quiere alcanzar como imagen objetivo del proyecto. Este plan debe dar una información preliminar que justifica el porqué del proyecto, la ubicación y los objetivos de restauración, entre otros; a continuación se listan algunos de los aspectos que se deben tener en cuenta para la construcción del plan básico de restauración dados por el Gobierno de Colombia (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

a) Plan de trabajo y cronograma de actividades:

Con el fin de facilitar el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de un proyecto, se hace necesario presentar un plan de trabajo y un cronograma de actividades basado en la metodología de Marco Lógico. El cronograma deberá detallar las actividades, la duración de las mismas y los productos que se generarán, así como las

actividades y duración de posibles actividades futuras de monitoreo, aspecto muy importante en propuestas de restauración espontánea.

b) Identificación de la localización y los límites del proyecto:

Se deben definir cartográficamente los límites del proyecto, así como la información base que permita establecer la situación geográfica general del mismo. Esto reconoce instituir los posibles escenarios para la restauración.

c) Selección del tipo de ecosistema que será restaurado:

Es muy importante que se describa el tipo de ecosistema original que fue degradado en la zona de influencia del plan básico de restauración. Se debe hacer énfasis en la descripción del ecosistema (forestal, arbustivo, herbazal, etc.), los servicios ecosistémicos perdidos, las posibles especies estratégicas que se vieron afectadas y las condiciones geomorfológicas y abióticas (esencialmente el conocimiento del suelo) del lugar.

d) Descripción de los posibles factores de disturbio del proyecto:

Se deben describir aquellos factores que históricamente han llevado a perder algunos aspectos de la integridad ecológica original. Es importante describir tanto la intensidad del disturbio como la recurrencia del mismo.

e) Identificación de actores locales:

Identificar los actores locales implicados, dueños de predios, organizaciones locales, comunidades indígenas, etc. da una idea de los alcances de manejo social que tendrá el proyecto.

f) Descripción de las necesidades reales de restauración del sitio:

Consiste en identificar mediante la participación comunitaria, cuál es el contexto futuro deseado para dirigir los esfuerzos de restauración. Esto implica reconocer el historial de disturbio del lugar, qué originó la necesidad de restauración, y cuáles pueden ser los beneficios de las estrategias de restauración, tanto sociales, culturales y ecológicas, que pueden estar enmarcados en los preceptos de servicios que ofrece la política nacional para la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos.

g) Definición de la meta de restauración:

En este apartado se establecen las condiciones ecosistémicas a las que se quiere llegar con el plan básico de restauración, lo cual define el método del proyecto y los detalles conceptuales del mismo. La meta puede estar asociada a una estrategia de recuperación,

rehabilitación o restauración geomorfológica, edáfica o ecosistémica, considerando las diferentes escalas y niveles de organización y los aspectos de composición, estructura y función. La meta también define por qué se eligió la restauración asistida o la espontánea como estrategia.

h) Diagnóstico socio ambiental del área:

Es importante establecer una línea base del área a intervenir, tanto en aspectos sociales (ej.: dinámica de uso de la tierra) como ambientales (ej.: estado actual del suelo) que contribuya a definir las estrategias o métodos para la restauración de la zona.

i) Método de restauración:

Con base en la definición del ecosistema o comunidad de referencia y la meta, se deben seleccionar las estrategias metodológicas y las especies que se utilizarán para el proceso de restauración ecológica. Así mismo, en caso de ser necesario, se debe determinar qué estrategias se usarán para la propagación del material vegetal de las especies seleccionadas, y otras estrategias como viveros locales, traslado de plantas, actividades de recuperación del suelo, etc.

j) Materiales y equipos:

Debe realizarse una descripción de los materiales y equipos necesarios para llevar a cabo la meta de restauración, incluyendo el personal que se requerirá.

k) Identificación de posibles permisos o coyunturas legales:

En caso de que el plan básico de restauración lo requiera se deberá describir el tipo de permisos, como consulta previa, que deben gestionarse y cómo se solucionarán en un plazo adecuado. Esto es muy importante para evitar el retraso en los cronogramas pactados.

l) Costos:

Se deberá incluir el análisis de precios unitarios por cada actividad o estrategia que se ejecute. Así mismo, presentar un cuadro consolidado de los costos del proyecto de restauración.

m) Formulación del programa de seguimiento y monitoreo a la restauración:

Para poder hacer seguimiento a las metas establecidas por el proyecto y el monitoreo ecológico, se deben proponer indicadores claros y de fácil medición, apropiados a la escala y tipo de intervención.

2.9.3 La Restauración paisajística

Varios autores señalan que, desde el punto de vista abiótico, la restauración ecológica multiescalar se puede realizar evaluando la integridad del ecosistema a nivel espacial y la integridad biológica a nivel local, mostrando que la combinación de una visión a nivel de paisaje con las métricas de paisaje y las métricas de la vegetación provee una visión sinérgica y un entendimiento más integral del ecosistema. Otra aproximación muestra que la priorización de las áreas de restauración se puede evaluar mediante criterios de integridad en la composición, integridad estructural, factibilidad de restauración, riesgo (incendios, sequías, etc.). Lo cual se logra mediante un análisis de insumos cartográficos, datos ecológicos actuales, evaluaciones de estado actual del ecosistema y evaluación del riesgo ante el uso antrópico de la tierra (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

A continuación, se listan, a manera de ejemplo, algunos criterios de métricas de paisaje usadas en proyectos de restauración:

- Área/densidad: número de parches, promedio tamaño del parche, coeficiente de variación del tamaño de los parches.
- Forma: índice promedio de la forma.
- Área/borde: índice promedio de la dimensión fractal.
- Aislamiento/proximidad: índice promedio de la proximidad, promedio de distancia con el vecino más cercano.
- Contagio/intersección: índice de intersección y yuxtaposición.

2.10. Impactos sensoriales

Que son aquellos impactos que se relacionan con la percepción visual, sonora y sensitiva en general. Pudiendo ser:

2.10.1 Impacto visual:

- a) Sobre los elementos geomorfológicos: transformación de la integridad morfológica del terreno.
- b) Sobre los elementos vegetales: transformación de la integridad de la vegetación natural del espacio.
- c) Sobre los patrones formales y/o compositivos: forma, textura, escala dentro de las distintas escenas (Sánchez, 2015).

2.10.2 Sonoro

Están referidos a todos aquellos sonidos, entendidos extensivamente como ruidos, que, por superar los niveles de decibelios recomendables como confortables para el ser humano, o bien por representar acciones o situaciones perceptiva o psicológicamente desagradables, se convierten en variables que empeoran la calidad sonora y escénica (Sánchez, 2015).

2.11. Escenarios

Los escenarios son las diferentes posibilidades a futuro que se pueden dar no solo en relación ambiental, sino humana y social. Entre ellos se considera:

2.11.1 Escenario tendencial

Describen la prolongación de la situación actual: lo que está presente ahora. No presupone ningún cambio, como si todo continuara constante, exactamente igual, y se llevará a cabo con el mayor detalle posible, con rigor científico, abarcando todas las variables del sistema. Tiende a ser desmoralizante y produce crisis psicológicas y éticas, porque generalmente revela que las cosas no van bien y no muestra cambios estructurales; sin embargo, proporciona la base para referirse a los cambios. Es el escenario del "núcleo duro", metodológicamente hablando. Este escenario es extremadamente importante para el responsable de la toma de decisiones porque le muestra las consecuencias que pueden surgir si las cosas no cambian y empeoran lentamente (Masini & Medina, 2000).

2.11.2 Escenario normativo

Describe una situación deseable y factible que mejora el escenario de tendencia. Estructura los objetivos para el futuro. Es útil establecer ciertos objetivos alcanzables y razonables, y definir ciertas etapas que permitan alcanzar esa situación (Masini & Medina, 2000).

2.11.3 Escenario utópico

Describe el mejor de los mundos posibles, cuál sería la situación ideal. Aunque generalmente inalcanzable, el escenario utópico es el más deseable y tiene un gran propósito didáctico, ya que muestra lo que no se puede lograr (Masini & Medina, 2000).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El área minera Chocarsí, se encuentra ubicada en el sector conocido como “Chocarsí”, este pertenece a la parroquia Nulti del cantón Cuenca, provincia del Azuay.

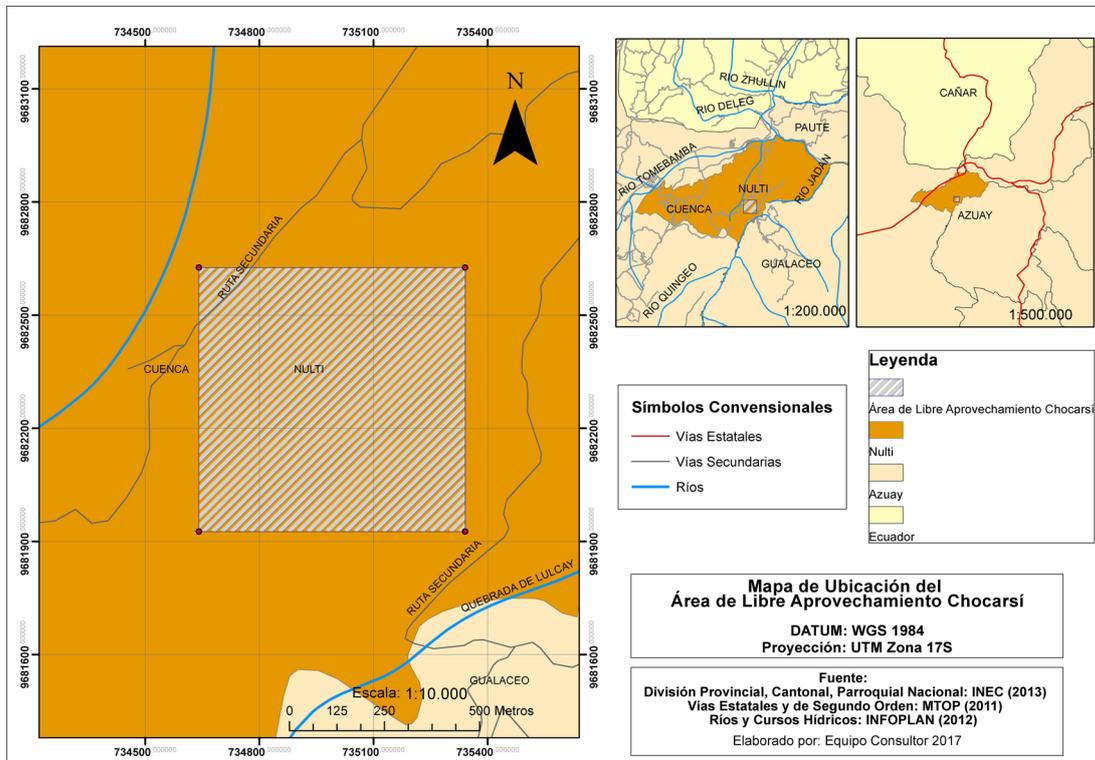


Ilustración 2 : Ubicación político-administrativa del área de libre aprovechamiento Chocarsí

Fuente: GAD Municipal del cantón Cuenca

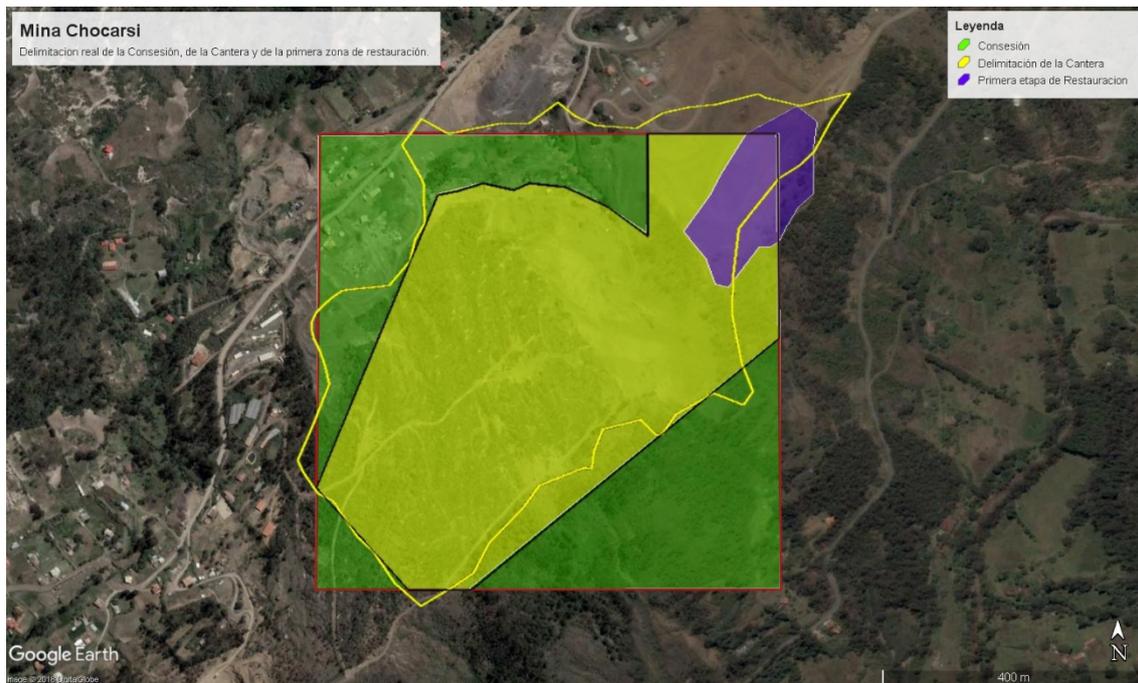


Ilustración 3: Sobreposición del mapa en vista aérea y delimitación del primer frente de trabajo.

El acceso a la mina se encuentra en la parte noreste de la misma como se ve en la imagen anterior, desde Cuenca se sigue la vía hacia Jadán hasta llegar a sector de Chocarsi donde se encuentra señalado el acceso a la mina.

La concesión de la mina es de 49 ha, la cual 30 ha son explotables, esto según la información de la municipalidad, la primera etapa de restauración se dará en aproximadamente en tres hectáreas y media, de los cuales la primera zona comprende solo media hectárea.

El terreno donde se encuentra la mina anteriormente era utilizado como una zona de producción de madera por lo que no se consideraba como un suelo apto para uso agrícola.



Ilustración 4: Entrada de la mina Chocarsí y primer frente de explotación.

3.2. Información de la zona

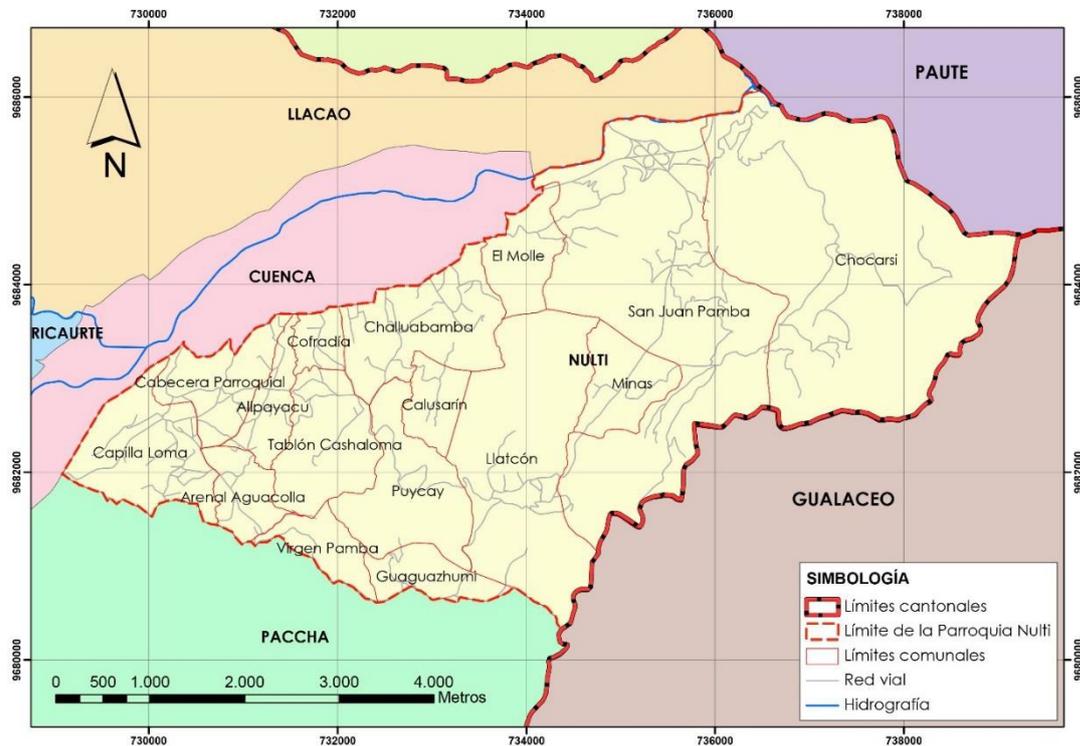


Ilustración 5 " Parroquia Nulti.

Fuente. PDOT-Municipalidad de Cuenca

Nulti tiene una extensión de 2883,42 ha y una población aproximada de 4324 habitantes 2107 hombres y 2217 mujeres en un aproximado de 1087 familias. En total 2518 personas oscilan entre edades de 15 a 64 años que es considerada como la población adolescente-juvenil-adulta de los cuales la comunidad de Chocarsí tiene una superficie aproximada de 635,85 ha y con una población aproximada de 360 personas (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Nulti, 2015), Chocarsí ocupa el primer puesto en

áreas de asentamiento poblacionales y el número cuatro de acuerdo a la cantidad de habitantes.



Ilustración 6: Imagen área del asentamiento Chocarsi

Fuente: PDOT Nulti

La parroquia de Nulti, como fuente laboral se considera que sus habitantes en su mayoría se dedican a la explotación minera. En la parroquia existen pendientes de 16 a 30 grados que se equivalen en un 33,14% del territorio.

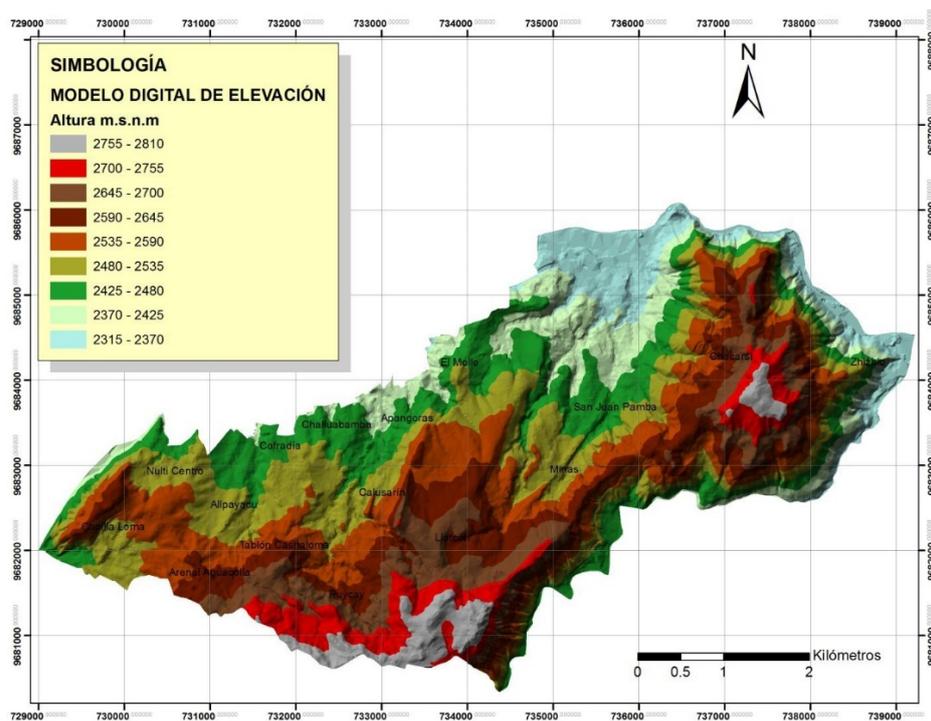


Ilustración 7: Modelo digital de la elevación en Nulti

Fuente: PDOT Nulti

En toda la extensión de Nulti se han identificado 13 minas que se encuentran en procesos de explotación, las minas explotan 4 tipos de materiales, entre ellos está la arcilla, lastre y materiales de construcción. Cabe recalcar que la parroquia de Nulti durante estos últimos años ha sido uno de los principales proveedores de lastre para la municipalidad de Cuenca (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Nulti, 2015).

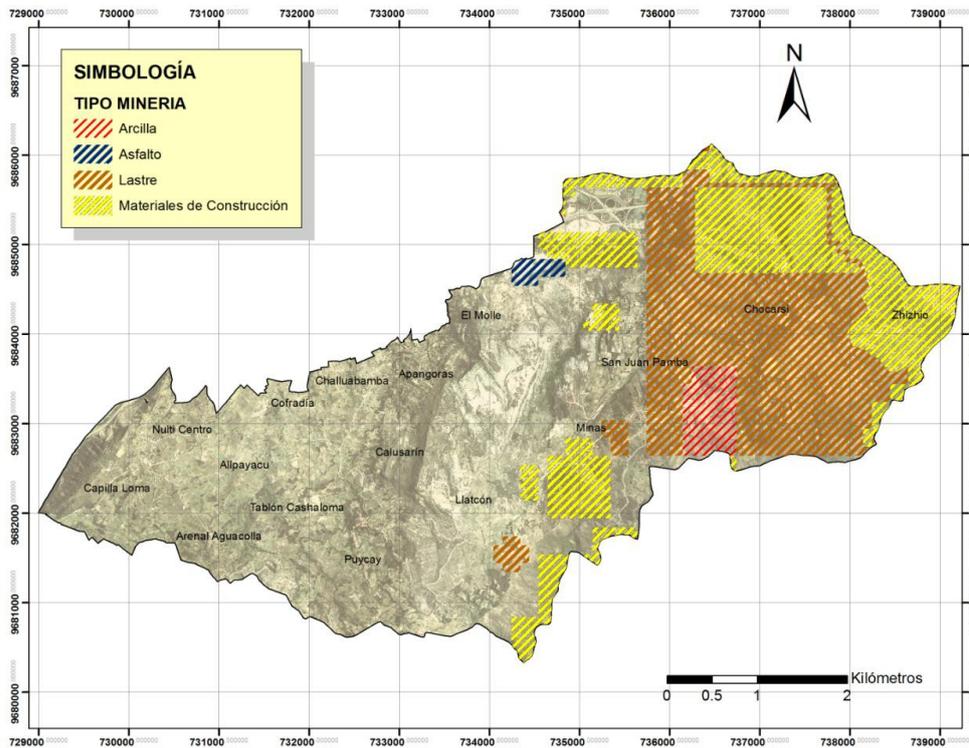


Ilustración 8: Tipos de minería en Nulti

Fuente PDOT Nulti

En el plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Nulti, se señala que la población de Nulti quiere la implementación de acciones de recuperación de las áreas que no han sido restauradas ni por las entidades públicas que lo han extraído (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Nulti, 2015), es una realidad que se tiene que cambiar.

Chocarsí es el segundo lugar en la parroquia de Nulti con más erosión presente en su área, con un aproximado de 103,81 hectáreas erosionadas significando casi el 21,16% de su área esto debido a la eliminación de la cubierta vegetal, el uso inadecuado del suelo y la sobre explotación del mismo.

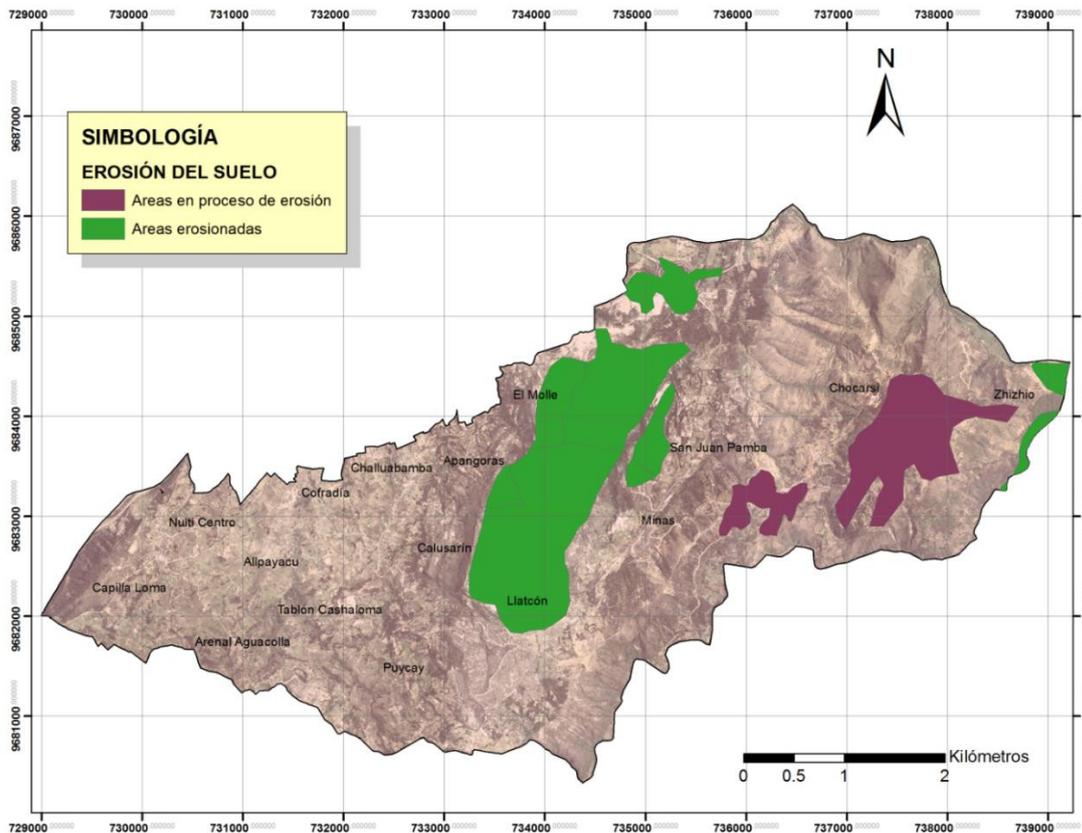


Ilustración 9 Erosión del suelo en la parroquia de Nulti.

Fuente: PDOT Nulti

El uso del suelo en la zona por las diferentes actividades antropogénicas: cultivos, pastoreo y de explotación provoca cambios en la morfología del lugar y pérdida de la capa vegetal, además se han introducido especies como el eucalipto y pino.

En la mina “Chocarsí” los factores ambientales que se ven afectados por la extracción durante la fase de operación y mantenimiento, son fundamentalmente el suelo e indirectamente su cobertura. Cabe mencionar que antes ya hubo degradación por la fase de construcción y apertura de vías.

- Suelo: alteración de la morfología y del paisaje
- Aire: gases producidos por buldócer, excavadora y volquetas
- Fauna: migración de aves por la pérdida de vegetación, por generación de ruido producido por la maquinaria
- Flora: pérdida de vegetación por la explotación

La mina “Chocarsí”, fue solicitada para explotación de materiales de construcción que servirán como lastre en la ejecución de obras públicas dentro del cantón Cuenca (GAD Municipal del cantón Cuenca, 2016).

La mina Chocarsí se encuentra en una zona donde los meses con más precipitación son: marzo, abril y noviembre, con una precipitación aproximada de 500 a 750 milímetros de lluvia de igual manera la temperatura basándose en la estación meteorológica de Ucubamba es la mínima de 12,2 °C, una máxima de 16,7 °C y la media de 14,9 °C (GAD Municipal del cantón Cuenca, 2017). Según la hidrografía, las aguas que se vierten en la mina Chocarsí, desembocan en el río Jadán perteneciente a la subcuenca del Paute.



Ilustración 10: Mina Chocarsí primera visita al lugar.

Se encuentran diferentes asentamientos poblacionales con personas que tienen beneficio económico por trabajar en la mina o servicios relacionados.

En cuanto a la actividad económica 1753 personas desarrollan diferentes actividades: el 35% en empleos privados, 25% son trabajadores por cuenta propia y el 13% en trabajo de peón. (GAD Municipal del cantón Cuenca, 2017)

3.3. Valoración de la fragilidad del paisaje

La determinación de la fragilidad del paisaje fue desarrollada por Yeomans en 1986. Su empleo permite calcular la Capacidad de Absorción Visual, definida como la capacidad del paisaje para acoger actuaciones propuestas sin que se produzcan variaciones en su carácter visual, lo que vendría a ser lo opuesto a la fragilidad.

La valoración se realiza también a través de factores biofísicos que componen el paisaje y son determinantes del grado de fragilidad del mismo. No obstante, los factores que Yeomans propuso en un principio son apropiados para espacios poco antropizados, pero no son aplicables a entornos como ciudades, urbanizaciones, etc. Por ello, se realizó un modificación de la tabla de valoración propuesta por Yeomans, adaptándola a una mayor diversidad de espacios. Los valores obtenidos a partir de la tabla se integran en la siguiente fórmula que resulta en la capacidad de absorción visual de cada espacio.

$$CAV = S \times (E + R + D + C + V)$$

Donde:

- $S \rightarrow$ pendiente
- $E \rightarrow$ erosionabilidad
- $R \rightarrow$ potencial
- $D \rightarrow$ diversidad de volúmenes
- $C \rightarrow$ contraste de color
- $V \rightarrow$ presión antropogénica

Los valores asignados a los distintos parámetros según este modelo se muestran en la tabla 2. Una vez asignado un valor a cada una de las unidades definidas, se procede a su clasificación en un nivel de fragilidad alto, medio o bajo según la siguiente escala:

- *Fragilidad alta* $\rightarrow CAV \leq 15$
- *Fragilidad media* $\rightarrow 15 < CAV < 30$
- *Fragilidad baja* $\rightarrow 30 \leq CAV$

Tabla 2: Valores de la capacidad de absorción visual.

ELEMENTOS	Alta	Media	Baja
Pendientes (S)	Poco inclinado (0-25% pendiente)	Inclinado suave (25-55% pendiente)	Inclinado (pendiente > 55%)
	Valor = 3	Valor = 2	Valor = 1
Diversidad vegetaciones (D)	Diversificada e interesante.	Mediana diversidad, repoblaciones.	Eriales, prados y matorrales. Sin vegetación o monoespecífica.
	Valor = 3	Valor = 2	Valor = 1
Erosionabilidad del suelo (E)	Poca o ninguna restricción por riesgo bajo de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial.	Restricción moderada debido a cierto riesgo de erosión e inestabilidad y regeneración potencial.	Restricción alta, derivada de riesgo alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial.
	Valor = 3	Valor = 2	Valor = 1
Contraste suelo/vegetación (V)	Alto contraste visual entre suelo y vegetación.	Contraste visual moderado entre suelo y vegetación.	Contraste visual bajo entre suelo y vegetación, o sin vegetación.
	Valor = 3	Valor = 2	Valor = 1
Vegetación, potencial de regeneración (R)	Alto potencial de regeneración.	Potencial de regeneración medio.	Sin vegetación, o Potencial de regeneración bajo.
	Valor = 3	Valor = 2	Valor = 1
Contraste suelo/roca (C)	Contraste alto.	Contraste moderado.	Contraste bajo o inexistente.
	Valor = 3	Valor = 2	Valor = 1

Autor: Yeomans 1986

3.4. Evaluación ecológica rápida

Se define como: “una evaluación sinóptica, que a menudo se lleva a cabo en calidad de urgente, en el menor tiempo posible, para producir resultados aplicables y fiables con un propósito definido” (Ramsar, 2010).

La EER se basa en los análisis de riqueza y abundancia para la caracterización de escenarios, según Aguirre, Nikolay, Jonatha Torres, en 2013 dicen que “*la caracterización de los escenarios de referencia se concentra en el componente flora, ya que se trata de un compartimento ecosistémico fácil de evaluar.*”, y eso justamente es la base de esta evaluación.

La riqueza y la abundancia son términos usados para describir cómo se encuentra en términos de biodiversidad un lugar. Estos vienen de riqueza de especies y abundancia de especies. Existen índices de Shannon y de Simpson que tienen el fin de medir biodiversidad y el índice de dominancia respectivamente los cuales se explicaran a continuación más detalladamente.

3.4.1 Índice de Shannon

El índice de Shannon-Weaver refleja el índice de heterogeneidad de una comunidad o ecosistema basándose principalmente en dos factores de la misma: el número de especies existentes y su abundancia relativa (Pla, 2006). El Índice de Shannon (Shannon & Weaver, 1949) se define:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

Donde:

S = Número de especies (Riqueza).

p_i = Proporción de individuos de la especie i con respecto al total de individuos $\frac{n_i}{N}$.

n_i = Número de individuos de la especie i .

N = Número de todos los individuos de todas las especies.

De esta forma se calcula la cantidad de especies en el área y la cantidad relativa de individuos de cada una de esas especies. Es decir, riqueza y abundancia.

3.4.2 Índice de Simpson

El índice de diversidad de Simpson permite medir la riqueza de organismos. Toma un determinado número de especies presentes en el hábitat y su abundancia relativa. El índice de Simpson representa la probabilidad de que dos individuos, dentro de un hábitat, seleccionados al azar pertenezcan a la misma especie; es decir, cuanto más se acerca el valor de este índice a la unidad existe una mayor posibilidad de dominancia de una especie y de una población; y cuanto más se acerque el valor de este índice a cero mayor es la biodiversidad de un hábitat.

El índice de Simpson (Simpson, 1949) se describe:

$$D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde:

S= es el número de especies.

N=es el número de organismos presentes.

n= es el número de ejemplares por especie.

3.4.3 Riqueza y abundancia en el ecosistema de referencia

a) Método de transecto.

El método de transecto es una tira, por lo general de 0.5 a 1 m de ancho, que debe atravesar la zona de estudio, en el transecto se realiza un conteo de las especies vegetales que se encuentran de esta forma se puede realizar un estudio de biodiversidad como riqueza y abundancia.

En esta metodología se marcó un transecto se determinó en el área de 20 metros en línea recta con las coordenadas UTM 17S, en las cuales se realizó la observación y fotografía de las diferentes especies vegetales los puntos como el transecto de realizado se encuentra a continuación:

- Punto A.- X: 736370.33 Y: 9683206.35
- Punto B.- X: 736365.00 Y: 9683225.00



Ilustración 11: Transecto para análisis de riqueza y abundancia en el ecosistema de referencia

b) Método de cuadrante

El método de análisis por medio de cuadrantes se da estableciendo límites en un área dentro de la zona de estudio, por lo general dependiendo el tipo de análisis este va desde un metro cuadrado hasta un kilómetro cuadrado, en esta nueva área definida se realiza un conteo de las especies para determinar los índices de biodiversidad. El muestreo formal de plantas mediante el uso de cuadrantes o transectos aleatoriamente ubicados (McDonald et al., 2016).

Se realizó el levantamiento biótico con la metodología de cuadrante con un área aproximada de 100 metros cuadrados, que se localizaron en las siguientes coordenadas UTM 17S, un cuadrado de 10 metros de lado para el análisis de las especies vegetales, los puntos como el cuadrante de la revisión se describe a continuación.

- Punto 1.- X: 0736354.00 Y: 9683210.00
- Punto 2.- X: 0736344.00 Y: 9683207.00
- Punto 3.- X: 0736344.09 Y: 9683216.26
- Punto 4.- X: 0736353.91 Y: 9683218.69

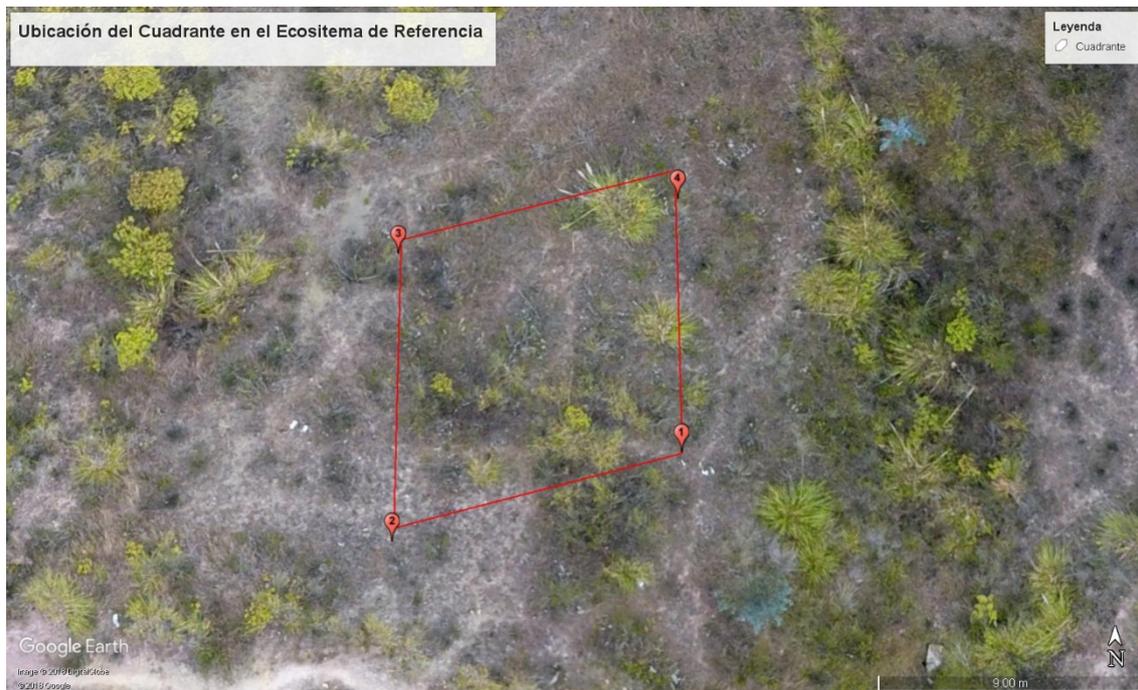


Ilustración 12 Cuadrante para análisis de riqueza y abundancia en el ecosistema de referencia

3.5. Etapas de la toma de muestra para análisis de suelo

Los análisis de suelo son esenciales para notar las diferencias, de composición, estructura, límites entre otros, por lo cual la toma de muestras de manera correcta es de suma importancia, el proceso que se realizó para la toma de muestras se describe a continuación. Este proceso se llevó a cabo en dos días uno para cada ecosistema donde se tomaron las muestras que serían utilizadas para el examen físico y químico.

Paso 1: Diferenciar las áreas de muestreo

Se realizó un relevamiento del terreno de manera de dividir el lote en áreas uniformes respecto a la topografía. De acuerdo a las diferencias naturales de relieve, la erosión y la vegetación.

Paso 2: Materiales utilizados

- a) Pala
- b) Barreta
- c) Bolsa de plástico Ziploc.

Paso 3: Profundidad

La profundidad al ser un suelo con poca vegetación, fue desde los 0 a los 15 cm.

Paso 4: Procedimiento

Luego de que se establecieron las áreas tomamos en total 10 submuestras de cada ecosistema, en cada punto se retiró toda la cobertura vegetal y se procede a extraer la muestra. Estas son submuestras. Se realizó un recorrido en zigzag, se toman muestras de aproximadamente 500 gramos a la profundidad antes mencionada.



Ilustración 13: Ruta de toma de muestras del suelo en ecosistema de referencia.



Ilustración 14: Ruta de toma de muestras del suelo en el ecosistema de la mina Chocarsí.



Ilustración 15: Toma de muestra en ecosistema de referencia.

Después de esto se unen las 10 submuestras, se mezclan hasta tener una sola muestra por ecosistema, del cual por el método del cuarteo se elimina el exceso hasta quedar con una muestra de representativa de 1000 gramos. por ecosistema estas muestras se analizaron de manera química y física dando los siguientes resultados.

3.5.1 Análisis químico del suelo

El análisis químico se realizó en el Centro de Investigación, Innovación y Transferencia Tecnológica, (C.I.I.T.T) de la Universidad Católica de Cuenca.

a) Espectrometría

Es una técnica para la detección específica de moléculas. Se caracteriza por su precisión y su aplicabilidad a moléculas de distinta naturaleza. Los fundamentos en los que se basan es que las moléculas pueden absorber energía luminosa y almacenarla en energía interna esto sirve para determinar moléculas en especificativo como el fosforo y nitrato y siendo su relación total (Universidad Pablo de Olavide, 2016).

b) Calcinación

La determinación de materia orgánica por medio de calcinación se realiza después de determinar la humedad esta se calcina al rojo vivo de manera constante, la diferencia de peso inicial con la final viene a ser el valor de peso de la materia orgánica (Chirinos, 2004).

c) Gravimetría

El análisis gravimétrico: es la determinación del peso de una sustancia producida a partir del peso dado de una muestra, en las operaciones se encuentra la pesada la filtración el secado y la calcinación. Para determinación de la humedad de una muestra se considera el secado (Chirinos, 2004).

d) Determinación de pH por medio de pH-metro

La valoración que realiza un pH-metro son registradas por este instrumento en función al volumen de la muestra, los valores del pH son calculados por el equivalente la diferencia de potencial entre dos electrodos, por lo general entre la plata y un electrodo de vidrio sensible al ion hidrogeno (Ambientales, 2004).

e) Conductividad

La conductividad es la capacidad de una disolución para que conduzca energía o corriente eléctrica, es decir la conductividad es una medida de la concentración iónica total que tiene una disolución. LA conductividad medida por un conductímetro esto realiza aplicando un campo eléctrico entre dos electrodos y mide la resistencia eléctrica de la disolución (CRISON, n.d.).

3.5.2 Análisis físico del suelo

El análisis físico se lleva a cabo en un laboratorio de suelo y materiales de construcción con el fin de determinar las características físicas de estructura y límites, para esto se realiza (Chirinos, 2004):

a) Análisis Granulométrico

El análisis consiste en determinar la proporción relativa en peso de los diferentes tamaños de granos, definidos por las aberturas en las mallas que utiliza en los tamices. Hay varias mallas que van desde aberturas de 75 milímetros hasta 0,074 milímetros, dependiendo las características del suelo se determinan cuales se van a usar.

La Granulometría divide los componentes en:

- Árido Grueso: la fracción del árido que es retenida antes del tamiz número 4 con apertura de 4,76 milímetros.
- Árido Fino: La fracción del árido que pasa por el tamiz número 4 pero que no pasa el tamiz número 200.
- Finos de árido: la fracción que pasa por el tamiz número 200 este con una apertura de 0,074 milímetros.

b) Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg son ensayos de laboratorio normalizados para obtener los límites de rango de humedad dentro los cuales un sustrato se mantiene como estado plástico, este ensayo conjuntamente con el ensayo de granulometría da como resultado la clasificación de un sustrato.

Definiciones:

Contenido de humedad (w): es la relación entre el peso del agua y el, pero de la muestra seca. Se expresa en un porcentaje:

$$w = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

W_w : Peso del agua

Ws: Peso del suelo seco

Limite Líquido (LL): contenido de humedad en el límite entre el estado semilíquido y plástico.

Limite Plástico (LP): es el contenido de humedad en el límite entre los estados semisólidos y plásticos.

Índice de plasticidad (IP): es la diferencia entre los límites líquido y plástico, es decir el rango de humedad dentro del cual se mantiene plástico:

$$IP = LL - LP$$

Después del cálculo de dichos valores se aplicará el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), que es un sistema de clasificación desarrollado por Casagrande durante la segunda Guerra Mundial. Es una clasificación estandarizada por la norma ASTM D 2487-93.

El sistema de clasificación se basa en la clasificación de tipo de suelo que da un prefijo y un sub grupo que da un sufijo de ahí se clasifican en:

Tabla 3: Simbología para suelos granulares y suelos finos (SUCS)

Tipo de Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Limite liquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Limite liquido bajo (<50)	H

Tabla 4: Nombres típicos del material (SUCS)

GRUPO	NOMBRES TÍPICOS DEL MATERIAL
GW :	Grava bien gradada, mezclas gravosas, poco o ningún fino.
GP :	Grava mal gradada, mezclas grava – arena, poco o ningún fino.
GM :	Grava limosa, mezclas grava, arena, limo.
GC :	Grava arcillosa, mezclas grava – arena arcillosas.
SW :	Arena bien gradada.
SP :	Arena mal gradada, arenas gravosas, poco o ningún fino.
SM :	Arenas limosas, mezclas arena – limo.
SC :	Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla.
ML :	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, limo arcilloso, poco plástico, arenas finas limosas, arenas finas arcillosas.
CL :	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa)
OL :	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
MH :	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos (ambiente marino, naturaleza orgánica silíceo), suelos elásticos.
CH :	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas.
OH :	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos.
Pt : d	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos.

Fuente: SUCS

3.6. Experimentación con especies vegetales del ecosistema de referencia

3.6.1 Base de la experimentación

La experimentación es la siembra de especies, la observación y análisis de su crecimiento, en este caso de las especies vegetales del ecosistema de referencia en el estrato de la mina Chocarsí, para determinar su adaptación, de manera evidente se observó el aumento de altura o grosor tallo o número de hojas.

La selección de especies, se basó en los resultados obtenidos en el levantamiento biótico, como de las especies vegetales del lugar. Por sus características y sus posibles usos a futuro, se escogieron 9 especies vegetales.

3.6.2 Fichas técnicas de las especies vegetales

Basándose en el levantamiento biótico se determinaron las siguientes especies para la experimentación, se encuentran en orden alfabético, cada ficha cuenta con el nombre de la familia, nombre científico, nombre común y una fotografía de identificación.

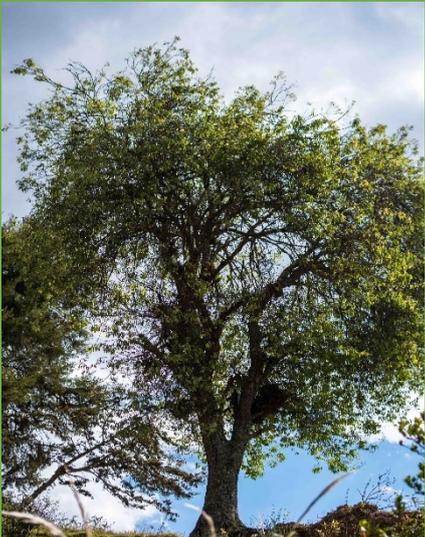
Especie 1	
Familia	Asparagaceae
Nombre Científico	<i>Agave americana</i>
Nombre Tradicional	Penco



Especie 2	
Familia	Poaceae
Nombre Científico	<i>Cortaderia Jubata</i>
Nombre Tradicional	Sigsal



Especie 3	
Familia	Rosáceas
Nombre Científico	<i>Prunus serotina</i>
Nombre Tradicional	Capulí



Especie 4

Familia	Betulaceae
Nombre Científico	<i>Alnus glutinosa</i>
Nombre Tradicional	Aliso



Especie 5

Familia	Sapindaceae
Nombre Científico	<i>Dodonaea viscosa</i>
Nombre Tradicional	Chirca de Monte



Especie 6

Familia	Asteraceae
Nombre Científico	<i>Baccharis salicifolia</i>
Nombre Tradicional	Chilca Redonda



Especie 7

Familia	Dennstaedtiaceae
Nombre Científico	<i>Pterium aguilinum</i>
Nombre Tradicional	LLachipa



Especie 8

Familia	Poaceae
Nombre Científico	<i>Paspalum vaginatum</i>
Nombre Tradicional	Paspalum



Especie 9

Familia	Asteraceae
Nombre Científico	<i>Baccharis latifolia</i>
Nombre Tradicional	Chilca



La experimentación se basó en 3 repeticiones de cada especie vegetal en total 27 plantas sembradas en masetas colocadas sobre un espacio en la mina Chocarsí.



Ilustración 16: Distribución especies vegetales para la experimentación.

La toma de datos se realizó cada 10 días a partir de la siembra, la que se realizó el día 19 de julio 2018, se llenó una tabla en cada una de las visitas (Anexos), donde dependiendo la especie se utilizó un flexómetro y calibrador para la toma de medidas.

Se utilizó la siguiente nomenclatura para poder diferenciar las diferentes repeticiones:

E1P1

Donde:

E1= Es la especie y 1 la clasificación.

P1= El Numero de la repetición, todas tenían 3 repeticiones lo que significa que había P1, P2 y P3.

Se aprecian a las especies con los siguientes códigos:

Tabla 5: Nomenclatura de las especies para la experimentación.

Código	Nombre Común	Nombre Científico
E1	Penco	<i>Agave americana</i>
E2	Sigsal	<i>Cortaderia jubata</i>
E3	Capulí	<i>Prunus serotina</i>
E4	Aliso	<i>Alnus glutinosa</i>
E5	Chirca de monte	<i>Dodonaea viscosa</i>
E6	Chilca Redonda	<i>Baccharis salicifolia</i>
E7	Llashipa	<i>Pterium aguilinum</i>
E8	Paspalum	<i>Paspalum vaginatum</i>
E9	Chilca Común	<i>Baccharis latifolia</i>

3.1. Zonificación

La zonificación se realizó considerando una jerarquización de los problemas en la mina la cual la divide en distintas zonas para su restauración, es importante recalcar que la restauración que se propone realizar en este estudio será la de la primera etapa, que comprende una zona lateral y parte del primer frente de explotación.



CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Valoración de la fragilidad del paisaje actual en el ecosistema de la mina

La Fragilidad se determina por medio de las condiciones actuales del lugar entonces aplicando la formula y en relación a la información procesada tenemos que en el ecosistema de la mina tenemos que:

$$S = 3$$

$$E = 1$$

$$R = 1$$

$$D = 1$$

$$V = 1$$

$$C = 1$$

$$CAV = 3x(1 + 1 + 1 + 1 + 1)$$

$$CAV = 15$$

Al ser el CAV igual a 15 esto quiere decir que el lugar presenta un índice de **Fragilidad Alta**. La proximidad del área de explotación a áreas pobladas repercute en la contención visual de la zona, sin contar con la alteración al suelo y al aire.

4.2. Análisis de suelo

4.2.1 Análisis químico

En el siguiente cuadro se muestran los resultados del análisis químico en este análisis lo principal fueron los porcentajes de componentes para su estudio comparativo.

Tabla 6 : Resumen de resultados del análisis químico de las muestras de suelo.

Parámetro analizado	Técnica	Unidad	Resultado Mina	Resultado Ecosistema de referencia
Fosfatos	Espectrofotométrico en medio de suspensión.	mg/Kg	2,45 (en suspensión relación 1:2,5)	2,80 (en suspensión relación 1:2,5)
Nitratos	Espectrofotométrico en medio de suspensión.	mg/Kg	Ausencia (en suspensión relación 1:2,5)	6,64 (en suspensión relación 1:2,5)
Materia Orgánica	Calcinación.	%	8,80	8,00
Humedad	Gravimetría.	%	44,12	45,17
pH	pH metro. En medio de suspensión.	Unidad de pH	6,98 (en suspensión relación 1:2,5)	7,0 (en suspensión relación 1:2,5)
Conductividad	Conductímetro.	μS/cm	206	272

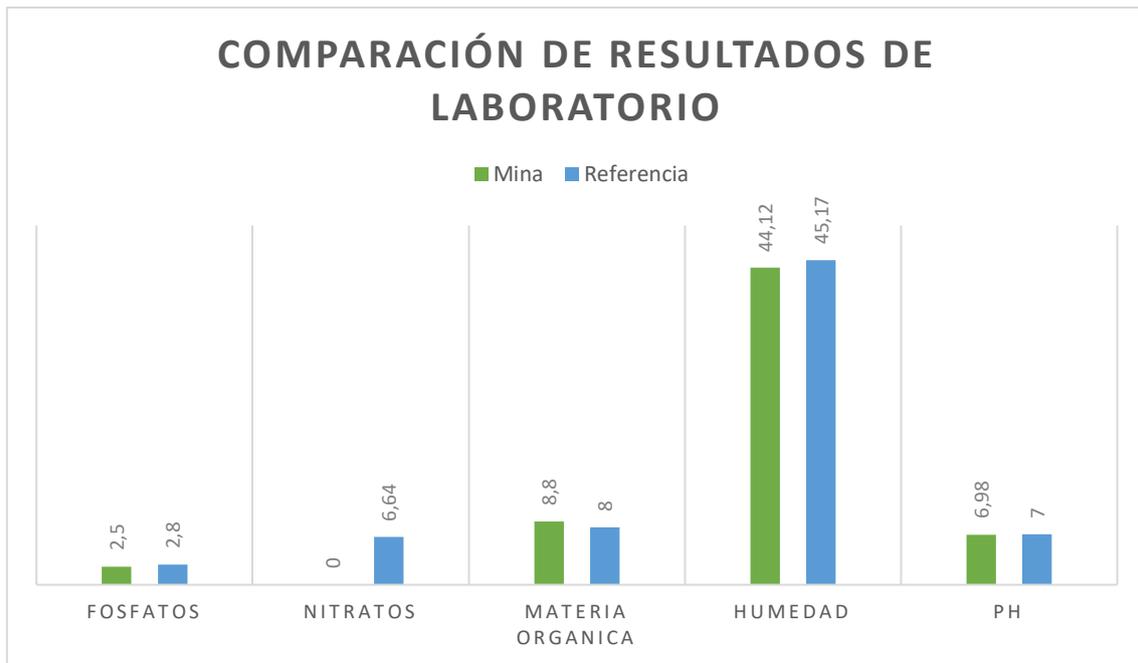


Ilustración 17 Comparación de análisis de laboratorio: nutrientes, pH y humedad.

El resultado más notable es la ausencia de nitrógeno que es de vital importancia para el crecimiento de las especies vegetales, se considera que el suministro de un abono rico en nitrógeno será de importancia para asegurar el crecimiento de las especies vegetales en el proceso de la restauración.

4.2.2 Análisis físico

Este estudio se realizó en los laboratorios de suelos y materiales de construcción de la Universidad Católica de Cuenca, el análisis de las dos muestras de suelo dio como resultado:

La mina Chocarsí:

- Límite líquido: 35%
- Límite Plástico: 23,20%
- Índice de Plasticidad: 11,80%

Además de todos los valores granulométricos, aplicando la tabla del modelo de clasificación SUCS tenemos que la mina posee un suelo: **Grava Arcilloso GC**

Ecosistema de referencia:

- Límite líquido: 32,5%

- Límite Plástico: 22,87%
- Índice de Plasticidad: 9,63%

Además de todos los valores granulométricos, aplicando la tabla del modelo de clasificación SUCS tenemos que el ecosistema de referencia posee un suelo: **Arena Arcilloso SC**

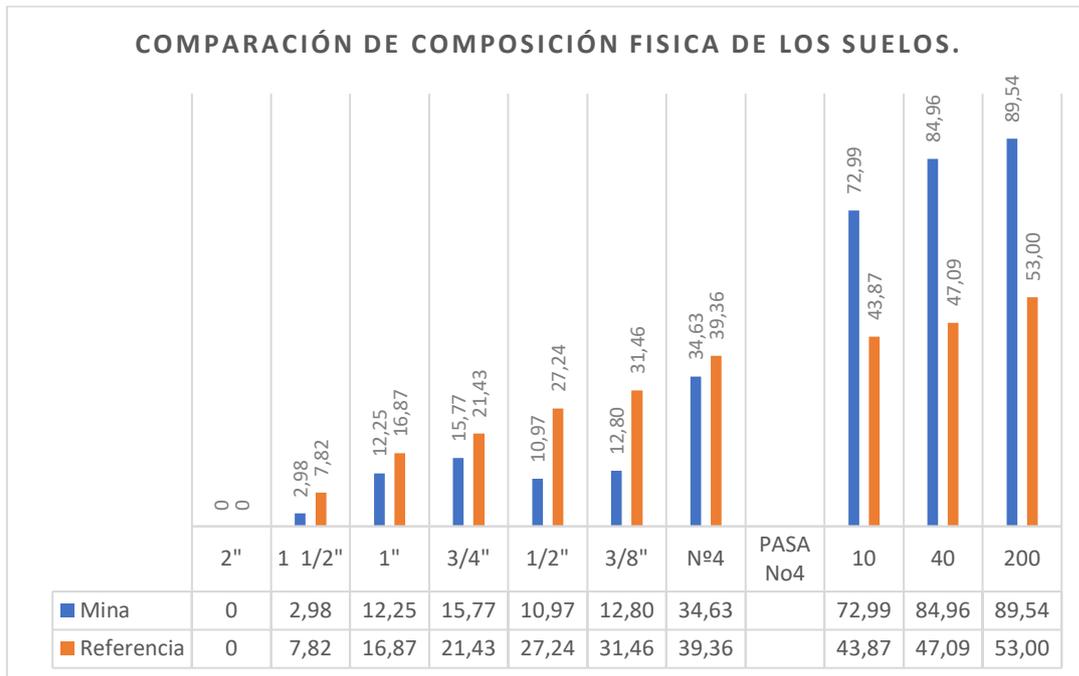


Ilustración 18 Comparación entre de la composición granulométrica del suelo

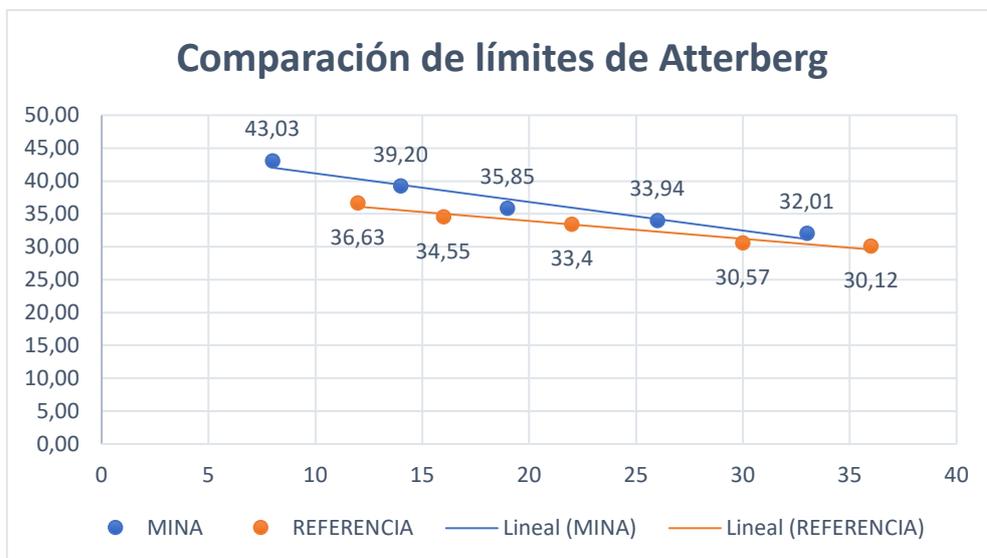


Ilustración 19 Comparación entre los límites del suelo

Los suelos son diferentes, pero más en el sentido de su formación granulométrica, al ser un suelo “Areno Arcilloso” el del ecosistema de referencia, es más propicio para el crecimiento de las especies vegetales, además de que es un suelo rico en materia orgánica, por otro lado, el suelo de “Grava Arcilloso” presenta más cantidad de roca en su estructura alrededor de 35% más de material rocoso.

Respecto a los límites de Atterberg tenemos que su valor esta de manera semejante desde 30 a 35.

4.2.3 Análisis topográfico

El análisis topográfico fue fundamental para el desarrollo del diseño de la restauración como el modelado de la mina para el recorrido virtual entre otros el cual sirvió de base el levantamiento topográfico. El levantamiento topográfico se realizó por medio de dron, es una de las herramientas más utilizadas, ya que proporciona tomas nítidas y con un procesado correcto puede presentar un modelo tridimensional del terreno.

Como resultado del levantamiento topográfico en la mina Chocarsí tenemos:



Ilustración 20: Ortofoto de la zona a restaurar de la mina Chocarsí.

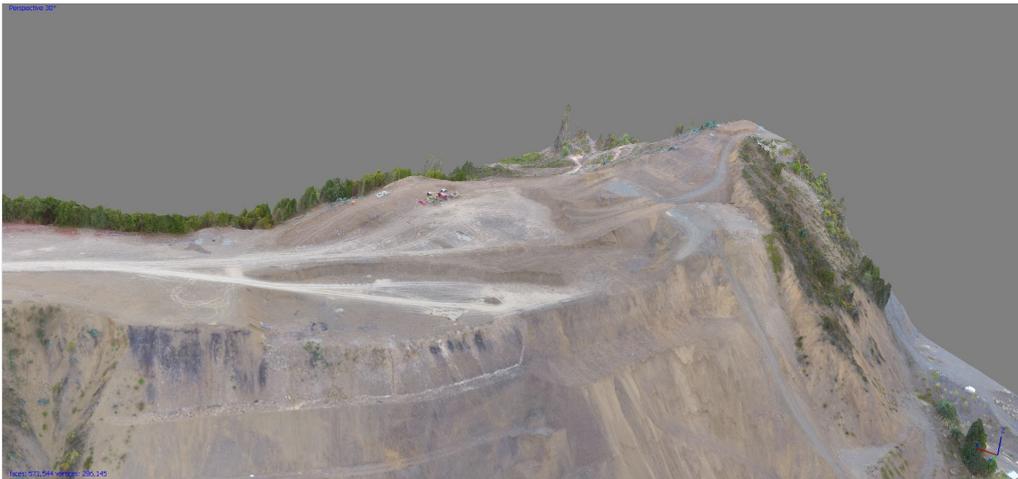


Ilustración 21: Procesamiento tridimensional de la zona a restaurar de la mina Chocarsí.



Ilustración 22: Procesamiento tridimensional de la zona a restaurar de la mina Chocarsí 2.

Como resultado del ecosistema de referencia tenemos:



Ilustración 23: Ortofoto del ecosistema de referencia.



Ilustración 24: Procesamiento tridimensional del ecosistema de referencia.

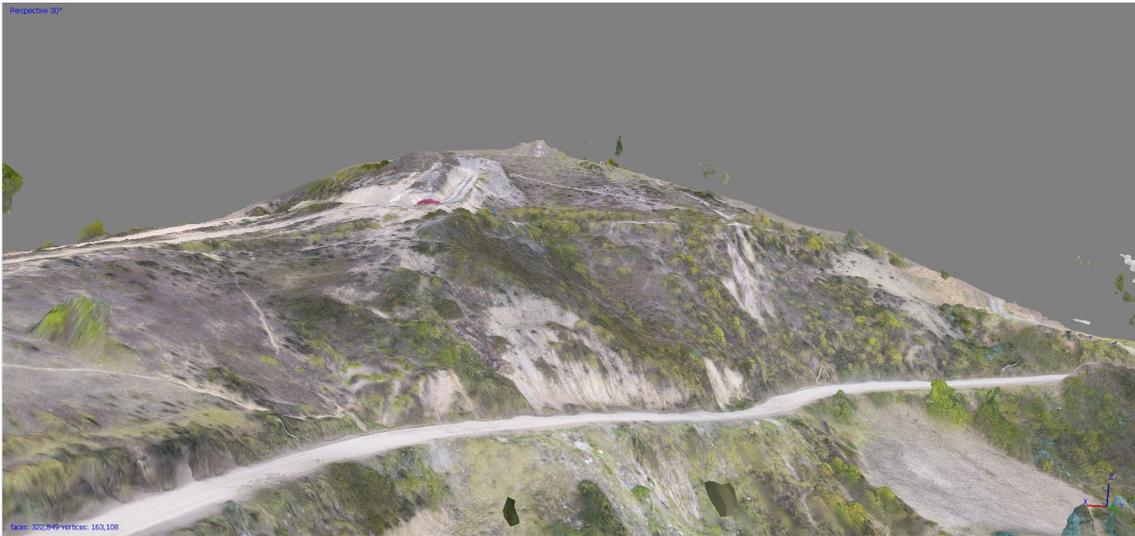


Ilustración 25 Procesamiento tridimensional del ecosistema de referencia 2.

4.3. Análisis del ecosistema de referencia

4.3.1 Índice de Simpson

Especie	Total individuos	Abundancia Relativa (pi)	pi ²		
1	14	0,011	0,000114		
2	50	0,038	0,001448		
3	16	0,012	0,000148		
4	45	0,034	0,001173		
5	23	0,018	0,000306		
6	79	0,060	0,003615		
7	1000	0,761	0,579174		
8	6	0,005	0,000021		
9	6	0,005	0,000021		
10	34	0,026	0,000670		
11	4	0,003	0,000009		
12	3	0,002	0,000005		
13	20	0,015	0,000232		
14	14	0,011	0,000114		
Total especies	1314	D (Dominancia)	0,587	1= Dominancia alta	0= Dominancia Baja
		1-D (Diversidad)	0,413	1= Diversidad Alta	0= Diversidad Baja

De resultado tenemos que hay una dominancia medianamente alta ligeramente marcada. Ya que estamos cerca del punto medio, lo que significa una biodiversidad medianamente baja, se da por la gran cantidad de la especie numero 7: Paspalum.

4.3.2 Índice de Shannon

Especie	Total individuos	Abundancia Relativa (pi)	pi ln pi		
1	14	0,011	-0,048390		
2	50	0,038	-0,124384		
3	16	0,012	-0,053677		
4	45	0,034	-0,115554		
5	23	0,018	-0,070809		
6	79	0,060	-0,169025		
7	1000	0,761	-0,207820		
8	6	0,005	-0,024608		
9	6	0,005	-0,024608		
10	34	0,026	-0,094560		
11	4	0,003	-0,017639		
12	3	0,002	-0,013886		
13	20	0,015	-0,063700		
14	14	0,011	-0,048390		
Total especies	1314	H	1,077	0,5 baja	5 alta

Tenemos un índice considerado de baja diversidad por el sentido de que una sola especie ocupa el 76 % lo que hace que no se note más biodiversidad.

En este levantamiento nos encontramos con:

Tabla 7: Resultados del levantamiento biótico en el ecosistema de referencia.

No	Nombre Común	Nombre Científico	Foto	Cantidad
1	LLachipa	<i>Pterium aguilinum</i>		14

2	Chilca Redonda	<i>Baccharis salicifolia</i>		50
3	Flor de cristo	<i>Epidendrum bifalce</i>		16
4	Retama	<i>Sparteum junceum</i>		45

5	Chirca de monte	<i>Dodonaea viscosa</i>		23
6	Oreja de burro	<i>Speletia sp</i>		79
7	Paspalum	<i>Paspalum vaginatum</i>		1000

8	Gynoxis	<i>Gynoxis</i>		6
9	Monnina	<i>Monnina parasylvatica</i>		6
10		<i>Hipericum sp.</i>		34

11	Abrojo	<i>Barnadesia spinosa</i>		4
12	Flechilla	<i>Bidens laevis</i>		3
13	Sigsal	<i>Cortaderia jubata</i>		20

14	Orquídea terrestre	<i>Microchilus pseudominor</i>		14
			Total	1314

Se considera que hay especies muy importantes del lugar, que se encontraban en el ecosistema de referencia, pero no en la aparecieron en los dos levantamientos, de la misma manera agregamos estas especies a la lista de otras especies en el ecosistema de referencia.

Tabla 8: Otras especies vegetales importantes del ecosistema de referencia.

Penco (*Agave americana*)



Trébol blanco (*Trifolium repens*)



Capulí (*Prunus serotina*)



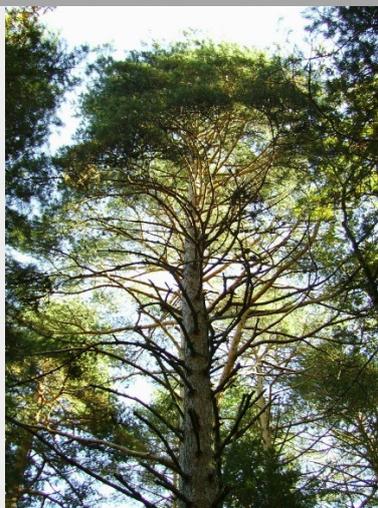
Como en la mayoría de lugares donde se encuentra el hombre las especies introducidas pueden ser de beneficio para el mismo, pero esto no quita de que no sean propias del lugar, como especies introducidas:

Tabla 9 Especies introducidas en el ecosistema de referencia.

Eucalipto (*Eucalyptus globulus*)



Pino (*Pinus patula*)



Ciprés (*Cupressus macrocarpa*)



Acacia (*Acacia dealbata*)



4.4. Experimentación con las especies vegetales del ecosistema de referencia

La experimentación se dio a lo largo de 5 meses, en los cuales se realizó 15 visitas con 10 tomas de datos. En esta toma de información dependiendo de la especie vegetal se consideró el aumento en el grosor de tallo, el aumento del alto y el número de hojas.

Desde el 19 de julio del 2018 que se colocaron las plantas en la mina Chocarsí se capturó su crecimiento en altura que se puede observar en fotografías, a lo largo de las diferentes visitas, estos son cambios que se pueden ver en las diferentes especies en tres puntos de referencia: inicio, medio y fin de la experimentación. El resto de fotografías se encuentran en anexos.



Ilustración 26 Línea de tiempo especie E3 Capulí (*Prunus Serotina*)



Ilustración 27 Línea de tiempo especie E1 Penco (*Agave Americana*)



Ilustración 28 Línea de tiempo especie E2 Sigsal (*Cortaderia jubata*)

Las especies vegetales pasaron por diferentes procesos de adaptación que en su momento trajeron diferentes repercusiones como el no crecimiento de la planta, la caída de las hojas, marchitamiento de ramas o tallo. Los datos de crecimiento se observan en la siguiente tabla.



Ilustración 29 Comparativa inicio y final de la experimentación.

El 33% de las plantas experimentales no sobrevivió. En algunos casos fueron una de las repeticiones y en otras todas. Estos son los porcentajes de supervivencia de cada especie:

Tabla 10: Porcentaje de supervivencia.

Código	nombre común	nombre científico	porcentaje de supervivencia
E1	Penco	<i>Agave americana</i>	100%
E2	Sigsal	<i>Cortaderia jubata</i>	100%
E3	Capulí	<i>Prunus serotina</i>	100%
E4	Aliso	<i>Alnus glutinosa</i>	100%
E5	Chirca de monte	<i>Dodonaea viscosa</i>	0%
E6	Chilca Redonda	<i>Baccharis salicifolia</i>	33%
E7	Llashipa	<i>Pterium aguilinum</i>	0%
E8	Paspalum	<i>Paspalum vaginatum</i>	100%
E9	Chilca Común	<i>Baccharis latifolia</i>	67%

Como se observa en la tabla anterior dos especies completas E5 y E7 ninguna de sus repeticiones sobrevivió, esto repercute en el resto de cálculos.

Con esos datos de crecimiento de ancho se realizaron varios datos estadísticos por especie tenemos lo siguiente:

Tabla 11: Resultados estadísticos de crecimiento del ancho.

Análisis datos: Ancho	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Promedio	2,83	2,93	0,50	0,27	0,00	0,07	0,00	0,77	0,63
Mediana	2,70	3,30	0,40	0,30	0,00	0,00	0,00	0,70	0,70
Media Aritmética	2,80	2,85	0,46	0,23	0,00	0,00	0,00	0,73	0,00
Desviación	0,51	0,81	0,26	0,15	0,00	0,12	0,00	0,31	0,60
Coefficiente de Variación	18,11	27,77	52,92	57,28	0,00	173,21	0,00	39,85	95,17

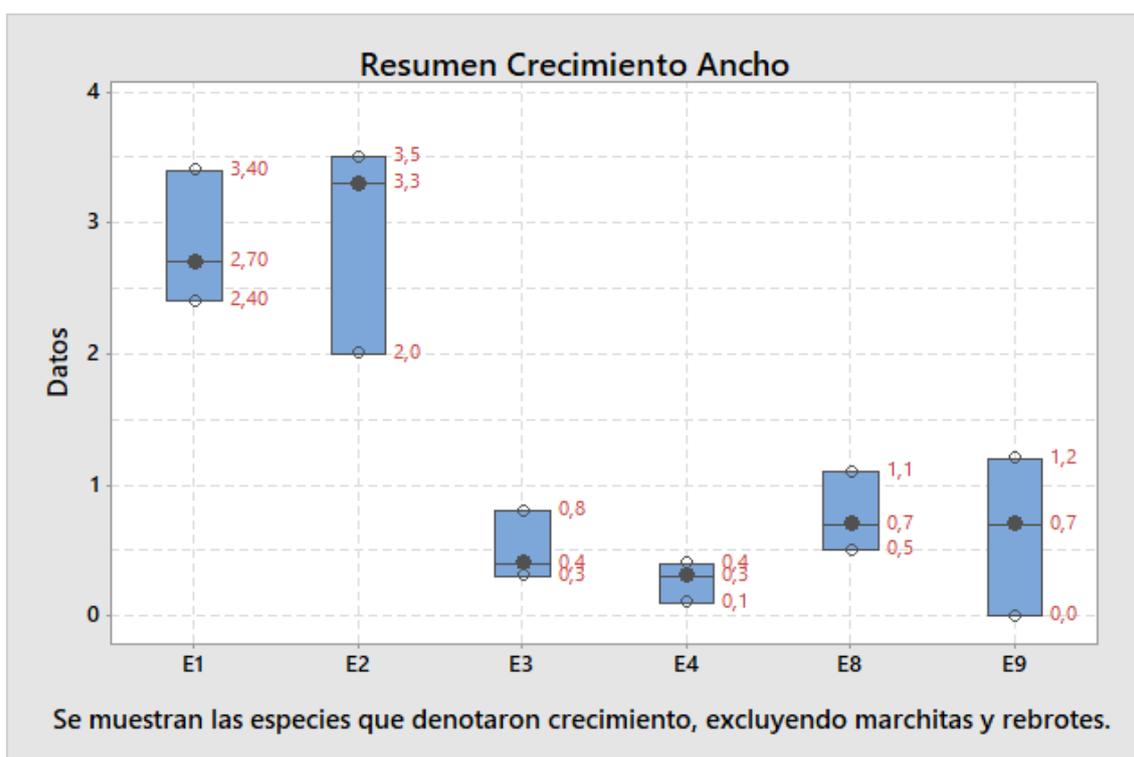


Ilustración 30. Resultados de crecimiento ancho

Esto significa que la especie (*Agave americana*) fue la que presentó el mejor crecimiento en cuanto a su anchura a comparación de la especie (*Baccharis latifolia*), tuvo un crecimiento menor en anchura.

Tabla 12: Resultados estadísticos de crecimiento alto de la experimentación.

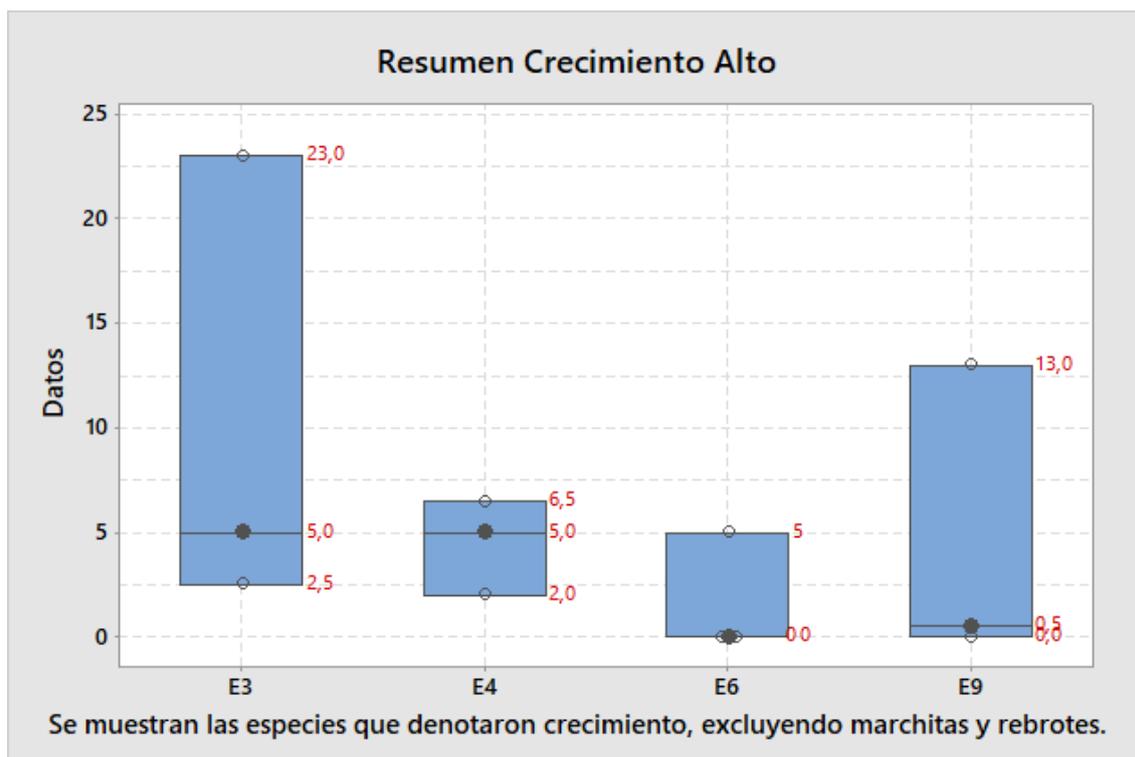


Ilustración 31 Resumen de resultados de crecimiento alto

Análisis datos: Alto	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Promedio	0,00	0,00	10,17	4,50	0,00	1,67	0,00	0,00	4,50
Mediana	0,00	0,00	5,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50
Media Aritmética	0,00	0,00	6,60	4,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Desviación	0,00	0,00	11,18	2,29	0,00	2,89	0,00	0,00	7,37
Coeficiente de Variación	0,00	0,00	110,01	50,92	0,00	173,21	0,00	0,00	163,68

Los coeficientes de variancia más elevada se dan en los casos en que de las repeticiones no sobrevivió. Lo que significa que el 33% de las plantas no sobrevivió. En casos como Chirca de monte (*Dodonaea viscosa*) y Llashipa (*Pterium Aguilinum*), sorprende que no hayan sobrevivido ya que son especies de la misma zona, que fueron colectadas en la misma mina de Chocarsí, a comparación de la especie Capulí (*Prunus serotina*) y Aliso (*Alnus glutinosa*) que tuvieron un porcentaje del 100% en supervivencia.

La siguiente ilustración muestra el crecimiento para ejemplificar los cambios a través del tiempo de las especies *Agave americana* y *Prunus serotina*.

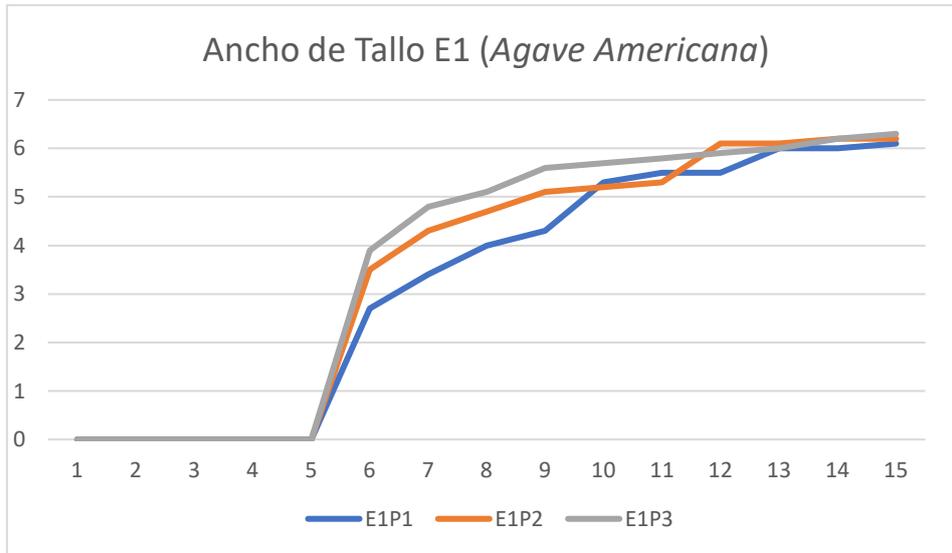


Ilustración 32 Curva de crecimiento ancho de *Agave americana*

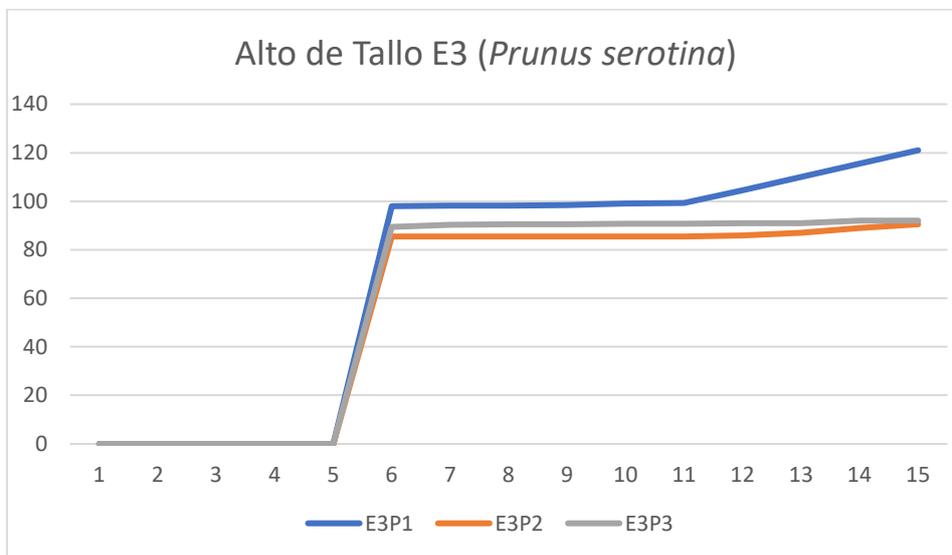


Ilustración 33 Curva de crecimiento alto de *Prunus serotina*

Las especies *Capulí* (*Prunus serotina*) y *Penco* (*Agave americana*) son las especies que mostraron los mejores resultados respecto a crecimiento. Por lo cual serán la base de la siguiente restauración. Basándonos en la experimentación y en los porcentajes de especies en el ecosistema de referencia tenemos como propuesta las siguientes especies para la restauración.

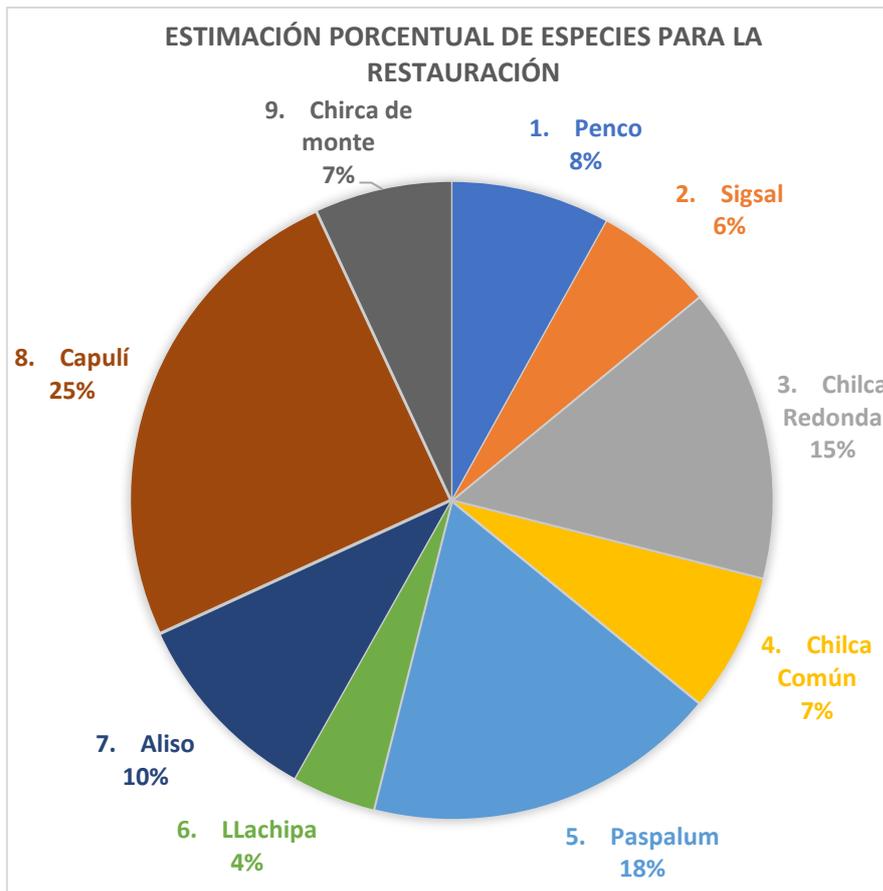


Ilustración 34 Estimación porcentual de las especies para el diseño de la restauración paisajística.

Según el criterio del director de la restauración estos valores pueden modificarse como agregar más especies que sean del lugar y que sobre puedan aportar nitrógeno al sitio como son las leguminosas, que es el elemento limitante del crecimiento de plantas en este caso particular.

4.5. Escenarios

La realidad de la mina Chocarsí en los futuros escenarios tendrá distintos resultados:

1. **Escenario tendencial:** un alto impacto visual, la zona de árboles cercanos son explotados para madera, altas pendientes que aumentan el riesgo de erosión hídrica y eólica, mayor fragilidad del sistema. Unas pocas especies de plantas se ven en partes de la zona y el resto es solo tierra compactada con una difícil posibilidad de regeneración. Además, al ser un área de fácil acceso se vuelve un botadero de basura y escombros.



Ilustración 35: Recreación del escenario tendencial de la mina Chocarsí.

2. **Escenario utópico:** la zona deja de ser minera en todos sus frentes, se realiza restauración del paisaje, se estabilizan las zonas de altas pendientes, se realiza la siembra y restauración completa de la zona lo que determina que en poco tiempo se cambie todo su impacto visual los pobladores de la zona aprovechan el lugar para obtener frutos, la concesión minera lateral opta por usar el mismo sistema para la restauración lo cual unifica resultados.

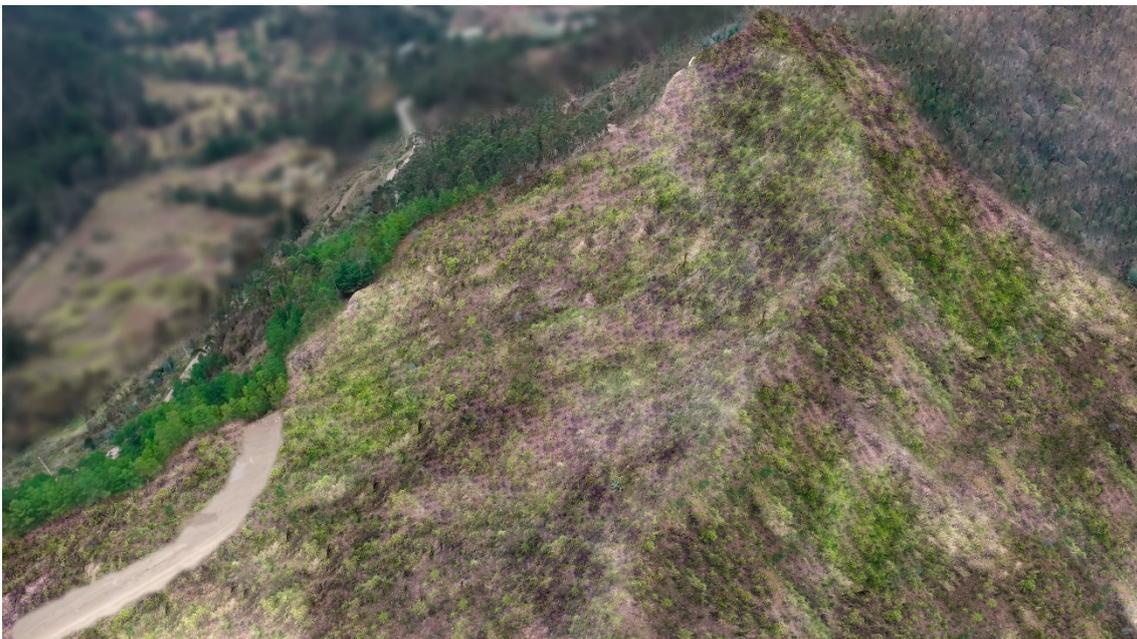


Ilustración 36: Recreación del escenario utópico de la mina Chocarsí.

- 3. Escenario normativo o real:** Se realiza una restauración de la zona por segmentos o frentes, existen zonas en que la restauración se da de manera natural por la existencia de especies cercanas. Primero generando la restauración de la parte alta, la misma que será utilizada posteriormente para restaurar más zonas de la mina. Las principales actividades a ser realizadas son: limpieza de escombros, aporte de minerales al suelo degradado para su recuperación.



Ilustración 37: Recreación del escenario normativo de la mina Chocarsí primera etapa.



Ilustración 38: Recreación del escenario normativo de la mina Chocarsí.

4.6. Modelación 3D

La modelación 3D tiene un resultado más gráfico y dinámico, esto se realiza con el fin de tener una perspectiva más real de cómo será la zona a futuro que servirá para presentaciones de socialización hasta de información de la mina. Aquí solo se presentará unas imágenes del mismo.

La realización de la modelación se basó en el levantamiento topográfico con un procesamiento de información de Agisoft photoscan y termina con el acabado grafico en Lumion 8.



Ilustración 39 Capturas de pantalla de la modelación 3D



Ilustración 40 Capturas de pantalla de la modelación 3D mina

4.7. Zonificación

En la siguiente ilustración se ve de manera gráfica como fue zonificada la zona. Con la jerarquización de los problemas. Estos clasificaron por 4 colores desde rojo como alto a verde como bueno o poco problemático.

Tabla 13: Jerarquización de los problemas en la mina Chocarsí.

Muy Importante	Procesos erosivos activos en la zona de explotación
	Acopio inapropiado de la tierra o escombros.
Importante	Impacto paisajístico provocado por la presencia de la cantera
	Destrucción de la cubierta vegetal
	Perdida de hábitats y recursos para la fauna
Medio	Modificaciones de la geomorfología
	Aumento de las emisiones de gases y partículas de polvo asociados a las actividades de extracción, tratamiento y transporte de áridos
Leve	Presencia de maquinarias (extracción, tratamiento y transportes)
	Aumento general de los niveles de ruido asociados a los funcionamientos de maquinarias

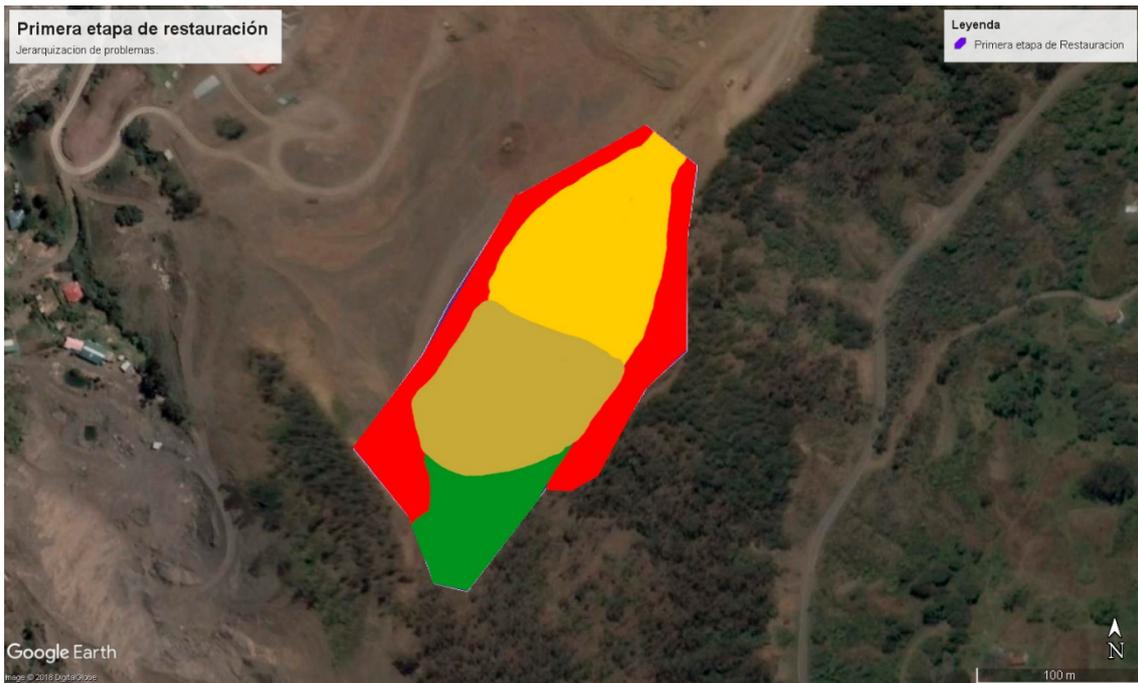


Ilustración 41: Zonificación de problemas en la mina.

La propuesta de restauración se realiza con respecto al desarrollo de la explotación, por lo cual se dividió en 3 zonas de restauración. Estas zonas servirán de base para la restauración total de la mina en el futuro.



Ilustración 42: Zonificación de la primera etapa de restauración.

Primera Zona	En base a los análisis la jerarquización y los trabajos futuros en la mina Chocarsí se delimitó la primera zona de restauración la cual es de aproximadamente 0,55 ha, esta zona es prioridad de restauración por los procesos de erosión que se pueden presentar en la zona, además de ser la primera parte que ya no se realizarán más trabajos de explotación.
Segunda Zona	Terminado el frente de explotación se pretende restaurar esta zona cercana a esta zona como se revisó anteriormente tiene problemas que generan un impacto visual severo. Es el inicio previo a la restauración de la tercera zona.
Tercera Zona	Para terminar con la restauración del primer frente de trabajo se termina se considera esta zona como la última a ser restaurada, se efectuará una restauración progresiva para que las mismas especies se puedan ir adaptando de la mejor manera.

4.8. Actividades

4.8.1 Objetivos de la propuesta

- Estabilizar y proteger el suelo.
- Reducir la contaminación visual y acústica.
- Establecer una comunidad vegetal estable y auto suficiente.
- Restaurar la biodiversidad.
- Eliminar los pasivos ambientales.

La estabilización del suelo por parte de especies vegetales da como resultado que sus raíces eviten la erosión, estos objetivos se cumplirán cuando se incorporen especies autóctonas de la zona con un sistema de modelo sucesional, lo que traerá consigo que la comunidad vegetal crezca aumentando la biodiversidad reduciendo notablemente el impacto visual que se ha generado por el tiempo de explotación.

4.8.2 Actividades a realizar

Las actividades serán las mismas para cada zona establecida, ejecutando los mismos métodos en cada una de ellas, dejando sentado un proceso que puede ser reutilizado para otras zonas de la concesión.

- **001 Nombrar un director de restauración que esté a cargo de los aspectos técnicos de la restauración.** Los proyectos de restauración son complejos, requieren de varias actividades por lo cual la coordinación de los mismos es muy importante. Además de que se debe confiar en el conocimiento profesional que mantenga una visión general de todo el proyecto y que tenga la autoridad para actuar con rapidez y decisión para evitar las amenazas a la integridad del proyecto. En este caso al ser un proyecto zonificado se puede hacer cargo una sola persona para el desarrollo de este rol. Este director de basará en el presente documento para la evaluación y ejecución de las actividades.
- **002 Delimitación de la zona de restauración.** Es una tarea ya propuesta en este proyecto, pero es importante recalcar que su ejecución por etapas dependerá del presupuesto asignado a cada una de ellas.
- **003 Determinar un presupuesto.** El presupuesto debe abordar la mano de obra y materiales necesarios, al ser un proyecto público este presupuesto debe constar dentro de un plan operativo anual. Es importante que el presupuesto se vaya destinando según las etapas de restauración, por ejemplo: la primera etapa a restaurar está dispuesta de 3 zonas, la primera tiene una distribución aproximada de 0,5 ha, entonces el presupuesto que se presenta en este plan de restauración se centrará en los costos de esta zona.
- **004 Obtener permisos requeridos y restricciones o cualquier limitación legal.** Los permisos pueden ser necesarios para tareas tales como movimiento de tierras, restricciones de entrada y salida.
- **005 Socialización del proyecto.** Los moradores del sector se convierten automáticamente en partes interesadas en la restauración, es bueno dar la información en el sentido de que ellos estén al tanto de las actividades a ser desarrolladas y que finalmente les beneficiarán, como el simple hecho de que se reducirá la contaminación visual, ellos forman parte de esta restauración durante

y después ya que deben permitir que se lleve de la mejor manera y después para que mantengan y cuiden la zona.

- **006 Infraestructuras necesarias para el proyecto.** La mina Chocarsí será restaurada con especies endémicas del lugar para lo cual la producción de semillas es de vital importancia, la construcción de un vivero en el lugar facilitará y reducirá costos en la producción de plántulas para la restauración.

Otro factor importante es el agua, la instalación de tuberías para que el líquido vital llegue a la mina para posteriores usos de riego es importante y esencial en la restauración, de no ser posible esto se deberá tener un reservorio.

- **007 Contratación del personal.** El personal del proyecto para los trabajos de restauración entre 8 a 10 obreros para la primera etapa.
- **008 Capacitación al personal.** El personal del proyecto de restauración debe estar completamente capacitado en la siembra de especies vegetales frágiles, para lo cual la realización de talleres y conferencias que proporcionen esta información es bien vista. Además, deben tener claro los objetivos del proyecto.
- **009 Obtención del equipo y suministros para los trabajos de restauración incluido recursos bióticos.** La adquisición de materiales necesarios como herramientas de trabajo, abono orgánico, semillas y plántulas.
- **010 La recolección de semillas para reproducción en vivero.** Considerando que las especies escogidas para la experimentación y que corresponden al ecosistema de referencia no son plantas muy propagadas ni muy vendidas, es muy importante la recolección de semillas para su reproducción en vivero para esa siembra y otras posteriores en la misma mina y en la misma zona.
- **011 Reproducción de semillas en vivero.** Las semillas recolectadas en el campo y que han sido clasificadas como para ser reproducidas, será llevadas al vivero que se construya en la mina o a extremo para su reproducción.
- **012 Erradicación de especies exóticas.** La principal especie introducida en la mina Chocarsí son pinos *Pinus patula*, que deben ser erradicados como un primer paso a este proyecto de restauración.

- **013 Limpieza de basura y escombros.** Como es normal en los trabajos mineros, los pasivos ambientales que dejan son los que generan mayor contaminación visual en ese caso la limpieza de los mismos y la adecuación de la zona es de vital importancia.
- **014 Cercamiento temporal.** La delimitación temporal de la zona de restauración es necesario previo a la restauración esto debe ser notificado con los pobladores para que respeten la zona además de que se evita el ingreso de personas mal intencionadas o herbívoros que puedan influir con la restauración.
- **015 Preparación del terreno para siembra de especies seleccionadas.** Es importante la preparación del terreno, para esto por medio de los resultados dispuestos en los análisis químicos se determinó que la aportación de nutrientes en este caso lo que más necesitamos es nitrógeno para tener un mejor crecimiento de las especies, hay que recalcar que la restauración pasa a ser pasiva después de la intervención lo cual se debe tomar en cuenta una buena preparación del terreno.

Esta actividad se realizará los huecos para las plantas como se preparará el suelo en este caso con abono orgánico para asegurar el mejor crecimiento de la planta.
- **016 Siembra de especies.** Es uno de los puntos más importantes porque es el centro de la restauración las especies que se van a utilizar para la restauración ya fueron descritas con anterioridad. Una vez realizado el hoyo de 30 cm² en el suelo vegetal y colocado el abono dependiendo el tamaño de la especie.

De ser necesario se deben colocar los tutores para que la planta pueda mantener su posición vertical.
- **017 Riego.** Al inicio de cada siembra es importante para mantener la humedad suficiente al ser un ambiente muy seco se recomienda el riego de al menos 2 veces por semana con el agua del reservorio.
- **018 Monitoreo de crecimiento.** Después de la siembra es importante el monitoreo de las diferentes especies vegetales, para ver su porcentaje de sobrevivencia y crecimiento de ser negativo la colocación de nuevas plantas.
- **019 Monitoreo de otras especies.** El mejoramiento de las características del lugar en el suelo va traer consigo la proliferación de otras especies vegetales

también en el sector, en estas actividades se las revisará y dependiendo sus características y a criterio del director será quien decida su control. Aquí también legarán las especies como malas hierbas que pueden influir en el crecimiento de las especies escogidas.

- **020 Eliminación del cercado.** Este punto debe darse según se considere que ya exista auto sustentabilidad del ecosistema de la zona. En este caso el encargado determinara esta acción.
- **021 Monitoreo de objetivos.** Con una restauración establecida es bueno inspeccionar el sito del proyecto con frecuencia, para que se revisen si los métodos utilizados están dando resultados o se necesita una rápida respuesta a otro factor no estimado. Esto ya se puede realizar durante los 2 primeros años de la restauración. Todas las gestiones realizadas para el proyecto deben estar previstas respecto a la adaptación, esto con el fin de que se facilite acciones alternativas, de ser necesario, para asegurar una recuperación funcional y auto sustentable.
- **022 Evaluación de datos de seguimiento.** Los resultados del análisis de los datos tomados en el lugar deben servir para ser evaluados de manera de que se pueda calificar la efectividad de la restauración.
- **023 Evaluación de ecológica del proyecto terminado.** En comparativa a la información base de este documento un nuevo estudio ecológico pueden ser los estudios de biodiversidad para tener la información de cambio.
- **024 Informe final de restauración.** Es de vital importancia para dar a conocer los resultados, además de que las conclusiones y recomendaciones de dicho informe serán de vital importancia para la aplicabilidad en otras restauraciones de la mina Chocarsí.

4.10. Presupuesto

Código	Actividades	Cantidad	Valor Unitario \$	Costo Total \$
001	Nombrar un director	1	-	-
002	Delimitación de la zona de restauración.	1	500,00	500,00
003	Determinar un presupuesto.	1	-	-
004	Obtener permisos requeridos y restricciones o cualquier limitación legal	1	200,00	200,00
005	Socialización del proyecto.	1	50,00	50,00
006	Infraestructuras necesarias para el proyecto.	1	10000,00	10000,00
007	Contratación del personal.	1	-	-
008	Capacitación al personal.	2	800,00	1600,00
009	Obtención del equipo y suministros para los trabajos de restauración incluido recursos bióticos.	1	2000	2000
010	La recolección de semillas para reproducción en vivero.	1	300,00	300,00
011	Reproducción de semillas en vivero.	2	1000,00	2000,00
012	Erradicación de especies exóticas.	1	400,00	400,00
013	Limpieza de basura y escombros.	1	400	400,00
014	Cercamiento temporal.	1	2000,00	2000,00
015	Preparación del terreno para siembra de especies seleccionadas.	1	4000,00	4000,00
016	Siembra de especies.	2	100	1600,00
017	Riego.	1	250,00	250,00

018	Monitoreo de crecimiento.	32	50,00	1600,00
019	Monitoreo de otras especies.	32	25,00	800,00
020	Eliminación del cercado.	1	100,00	100,00
021	Monitoreo de objetivos.	1	500,00	500,00
022	Evaluación de datos de seguimiento.	1	-	-
023	Evaluación de ecológica del proyecto terminado.	1	1000,00	1000,00
024	Informe final de restauración.	1	-	-
Total				28 400,00

El valor total estimado para la primera parte de la restauración, se estima en \$28 400,00 dólares americanos. Considerando la estimación de costos puede variar consideramos 10% de imprevistos. Dejando un total de \$31 240,00 dólares estadounidenses

En este valor no está considerado los costos de: transportes, mano de obra, sueldos y afines.

4.11. Plan de monitoreo

El plan de monitoreo se centrará en la evaluación de diferentes parámetros ambientales, con el fin de evaluar los cambios realizados, como la calidad ambiental del lugar. El monitoreo se centrará en:

Suelo: Recuperación de la estructura física en niveles de composición de nutrientes y cantidad de materia orgánica, un análisis que se realizara cada 6 meses por 2 años.

Flora: supervivencia y crecimiento de las especies sembradas, revisión de semillas revisar plántulas que no crezcan especies que no sean del lugar. De la misma manera con las revisiones primero cada 3 meses por el primer año y de ahí a los 6 meses el segundo.

Fauna: recuperación de especies locales como pequeños mamíferos.

CAPÍTULO VI

6. DISCUSIÓN

Esta investigación se centró en el análisis comparativo de varios factores y con distintas metodologías, los resultados sobre fragilidad del paisaje se asemejan a los resultados de Sánchez, en 2015, quien en un estudio de integración paisajística en la mina Riba-roja (España) determina el alto nivel de fragilidad de una cantera a comparación de un paisaje agrícola. Justamente uno de los factores que más influye en este resultado es la pendiente, otro caso similar es en “Mina Cristiana” de igual manera con un a fragilidad de paisaje alta (Municipio de Acacoyagua, 2005), pareciera que siempre los casos de las canteras de pétreos tendrán un alto nivel de fragilidad pero no es así un claro ejemplo que se de en México en 2011 donde la fragilidad de paisaje de la mina “Puerto de Nieto” donde la fragilidad del paisaje se la considera muy baja ya que tiene una alta capacidad de resiliencia (Implamaren, 2011).

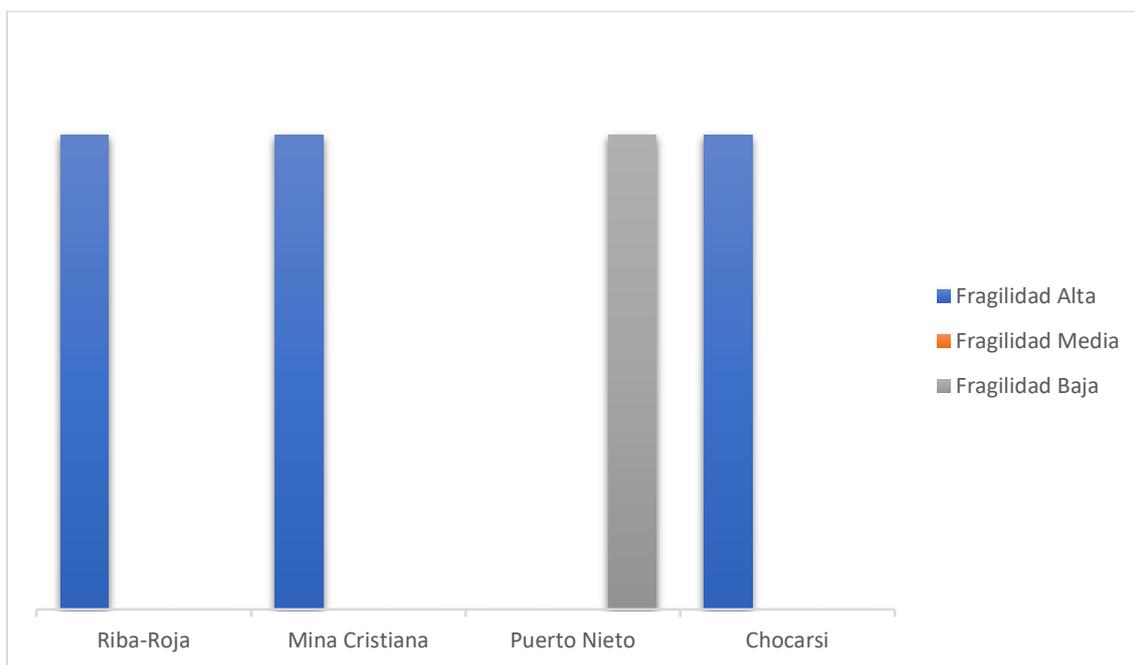


Ilustración 43. Comparación de la fragilidad el paisaje en otras minas de pétreos

Los análisis tanto químicos como físicos de suelo demuestran el cambio estructural y de componentes que ha tenido la zona en este caso gracias al diseño de explotación de la mina que se presentó en el año 2016 por el GAD municipal del canto Cuenca (GAD Municipal del cantón Cuenca, 2016) se pueden ver valores que demuestran varios de estos

cambios y sobre todo la cercanía de estos valores con los actuales valores del ecosistema de referencia escogido.

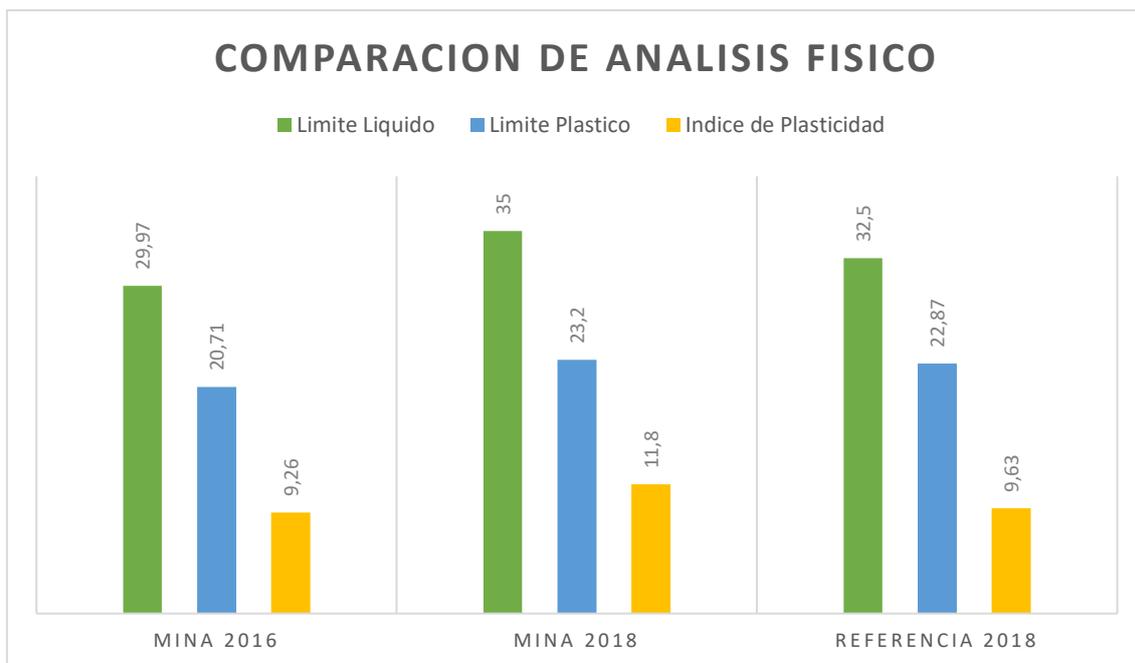


Ilustración 44 Comparación de límites de Attenberg

Respecto a los límites de Attenberg, que consideran al índice de plasticidad su valor más importante, como se observa en la gráfica la mayor similitud se da entre el ecosistema de referencia con los valores previos a la explotación de la mina.

Por otra parte, en cuestión de composición granulométrica según la información brindada, pero lamentablemente sin la metodología tenemos que en el año 2016 el análisis gravimétrico de la mina Chocarsí estaba compuesta por 55% de arena y 44% de arcilla lo que le convierte en una “Arena Arcillosa”, tal cual el ecosistema de referencia. Se hace más claro entender como los suelos son semejantes esto nos muestra que en realidad si existió un cambio por los trabajos en la morfología y estructura del suelo, la erosión, la eliminación de la cobertura vegetal, entre otros.

Los resultados de la experimentación de especies vegetales del ecosistema de referencia nos dan a dos especies como las mejores en desarrollo y crecimiento, las mismas son el capulí (*Pronus serotina*) y penco (*Agave americana*) son reconocidas a nivel internacional justamente para la restauración de espacios por ejemplo: la secretaria de medio ambiente y recursos naturales en México dice que: *Pronus Serotina* es recomendable para repoblación forestal en zonas secas y áridas, también considera que

esta especie tiene un alto potencial de reforestación. Dando excelentes resultados en Australia y Sudáfrica. como también en la India se ha usado para recuperar suelos muy básicos (Rosaceae, 1949).

Hay que recalcar que uno de los puntos más importantes es también a la mejora nutritiva y/o económica de los pobladores gracias a sus frutos que pueden ser comercializados para consumo, es una forma de devolver algo a los pobladores del sector (Reategui, 2012)

Tiene varios efectos restauradores entre ellos:

- Recuperación de terrenos degradados
- Conservación del suelo y control de la erosión
- Fija nitrógeno.

Hay varios beneficios más, pero hay que resaltar la fijación de nitrógeno ya que observamos en los análisis químicos de la muestra de suelo del ecosistema de la mina no posee nitrógeno, así que es otro punto a favor para la utilización de estas especies vegetales.

De igual manera la *Agave Americana* tiene múltiples beneficios ecosistémicos como económicos para la población, la producción de tela entre otros. La misma es una planta resistente a la sequía, y prefiere suelos bien drenados.

Los beneficios ambientales que proporciona es que:

- Controla la erosión en laderas y retiene el suelo.
- Meteorización de la roca madre y acumulación de materia orgánica(Rivera, 2016).

Por estas razones quedan comprobadas que las dos especies obtuvieron los mejores desarrollos debido a sus características y a las características del sustrato de la zona.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES

1. La mina Chocarsí, tiene un alto índice de fragilidad por lo cual una pronta restauración y eliminación de pasivos ambientales mejorara la calidad de vida de los pobladores cercanos.
2. Los métodos de evaluación rápida del paisaje son económicos, oportunos y con un alto índice de veracidad, que puede servir para cualquier análisis previo a una restauración.
3. Los análisis de suelo se realizaron de los dos ecosistemas para tener la línea base de comparación y hacia donde se desea llegar.
4. El ecosistema de referencia es un claro ejemplo de características que alguna vez tuvo la mina, esto quiere decir que con un buen trabajo de restauración tenemos un excelente modelo a seguir para recuperar la zona a su tiempo.
5. La experimentación con especies vegetales del ecosistema de referencia fue un reto para determinar las especies vegetales más resistentes y que se adapten mejor a las características del suelo, con el fin de tener especies de la zona listas para el proceso de adaptación.
6. El *Agave Americana* como *Prunus serotina* mostraron los mejores resultados de crecimiento por lo cual en el proyecto de restauración serán parte fundamentan en los porcentajes para la siembra de especies.
7. Se recomienda la participación de los diferentes pobladores de la zona en las etapas de restauración, como la socialización para brindar lazos de confianza y que sean partícipes en el cuidado y protección de la zona restaurada.

CAPÍTULO VIII

8. RECOMENDACIONES

- En la mayor parte de casos de restauración del paisaje luego de la explotación de minas de pétreos, es importante tener un ecosistema restaurado igual al paisaje de esa zona y no introducir especies porque simplemente son árboles y se ven bien.
- Una vez que se implemente el diseño realizado para restaurar la mina de Chocarsí sería importante conocer la percepción de la gente del lugar al respecto.
- Debe considerarse el uso de correcta de la información proporcionada servirá para el mejor desarrollo de la restauración.
- Además de las especies utilizadas durante la experimentación se pueden considerar otras especialmente leguminosas que fijan nitrógeno como los *géneros Inga, Casia, Alnus glutinosa, Lupinus mutabilis entre otras.*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, N., Torres, J., & Velasco, P. (2013). GUÍA PARA LA RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN LOS PÁRAMOS DEL ANTISANA, 1, 64.
- Ambientales, C. (2004). Técnicas Avanzadas en Química Práctica 3 DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS Y BASES POR VALORACIÓN PH-MÉTRICA, 1–11. Retrieved from https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/TAQ/curso0405/TAQP3_0405.pdf
- Banco Central del Ecuador. (2015). La Minería Ecuatoriana. *Cartilla Informativa, 1*, 1–4. Retrieved from <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cartilla00.pdf>
- Chirinos, J. R. (2004). Análisis Gravimétrico.
- CRISON. (n.d.). La medida de conductividad. Un poco de teoría.
- FAO. (2015). Restauración de bosques y paisajes. *Revista Internacional Sobre Bosques y Actividades e Industrias Forestales*, 66(3), 110.
- GAD Municipal del cantón Cuenca. (2016). ESTUDIO DE DISEÑO DE EXPLOTACIÓN Y REGULACIÓN AMBIENTAL DE LA MINA DE LIBRE APROVECHAMIENTO, DEL GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN CUENCA DENOMINADA “CHOCARSI”, CÓDIGO: 10000311.
- GAD Municipal del cantón Cuenca. (2017). *AUDITORÍA AMBIENTAL DEL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO CHOCARSÍ CÓDIGO 10000311*.
- García, G. (2014). Recuperación Ambiental Paisajística El Rincon Del Lago, 55. Retrieved from http://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1729/1/RECUPERACION_AMBIENTAL.pdf
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Nulti. (2015). “ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA NULTI.” *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Sistema Nacional de Información. SNI*, 227.
- Gobierno Provincial del Azuay. (2015). Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial Del Azuay, 198. Retrieved from http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0160000190001_PDyOT_AZUAY_2015_17-08-2015_10-02-34.pdf

- Implamaren. (2011). BANCO DE MATERIALES PÉTREOS “ PUERTO DE NIETO .”
- Masini, E. B., & Medina, J. V. (2000). Scenarios as Seen from a Human and Social Perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 65(1), 49–66. [https://doi.org/10.1016/S0040-1625\(99\)00127-4](https://doi.org/10.1016/S0040-1625(99)00127-4)
- McDonald, T., Gann, G., Jonson, J., & Dixon, K. (2016). *International standards for the practice of ecological restoration – including principles and key concepts*. Society for Ecological Restoration (Vol. 1). Washington, D.C. Retrieved from <http://www.ser.org/>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Plan Nacional de Restauración. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, D.C: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Retrieved from https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Ordenación-y-Manejo-de-Bosques/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACIÓN_2.pdf
- Ministerio de Recursos No Renovables. (2012). Reglamento Especial Para Explotación De Materiales Áridos Y Pétreos., 1–14.
- Municipio de Acacoyagua. (2005). Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Particular, 1–147.
- Muñoz-Pedrerros, A. (2017). El Paisaje Visual : Un recurso importante y pobremente conservado. *Ambiente e Sociedade*.
- Navarro Cano, J. A., Estellés, M. G., Barberá, G. G., Castillo Sánchez, V. M., & Miguel. (2017). *RESTAURACIÓN ECOLÓGICA EN AMBIENTES SEMIÁRIDOS RECUPERAR LAS INTERACCIONES BIOLÓGICAS Y LAS FUNCIONES ECOSISTÉMICAS*.
- Nichol, J., & Wong, M. S. (2005). Modeling urban environmental quality in a tropical city. *Landscape and Urban Planning*, 73(1), 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.08.004>
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. *Aug*, 31(8). <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000300002>
- Ramsar. (2010). Directrices para la evaluación ecológica rápida de la biodiversidad de las zonas costeras, marinas y de aguas continentales, 54.

- Reategui, J. (2012). Prospección de las plagas del “aliso” (*Ainus acuminata* H.B.K.) y la “guinda” (*Prunus serotina* Ehrh.) en el valle del río Mantaro, (3380).
- Rivera, C. J. R.-. (2016). Aporte del Agave americana a los servicios ecosistémicos en la Comunidad Campesina de Joras-Ayabaca-Piura; Perú, (October). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26969.72807>
- Rosaceae. (1949). *Prunus serotina*. *Brittonia*, 83(3), 227–229. <https://doi.org/10.2980/16-4-3285>
- Sánchez, D. (2015). ESTUDIO DE INTEGRACIÓN PAISAJÍSTICA DE UNA EXPLOTACIÓN MINERA A CIELO ABIERTO.
- SER, S. for E. R. (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. *SER, Society for Ecological Restoration International*, 15. Retrieved from http://c.ymcdn.com/sites/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SER_Primer/ser-primer-spanish.pdf%0Awww.ser.org%0Ahttp://www.ser.org/
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). THE MATHEMATICAL THEORY OF COMMUNICATION. *IEEE Transactions on Magnetics*, 125. <https://doi.org/10.1109/TMAG.1987.1065451>
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity [16]. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/163688a0>
- Universidad Pablo de Olavide. (2016). Espectrofotometría, 1–8. Retrieved from <https://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/quimbiotec/curso0506/FQpractica3.pdf%0Ahttps://www.upo.es/depa/webdex/quimfis/docencia/quimbiotec/FQpractica4.pdf>
- Vargas, O. (2011). Restauración Ecológica: Biodiversidad y conservación Ecological Restoration : Biodiversity and Conservation. *Acta Biológica Colombiana*, 16, 221–246. Retrieved from <http://www.revista.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/19280>
- Yupari, A. (2003). Informe " Pasivos Ambientales Mineros En Sudamérica ", 1–23.

ANEXOS



Anexo 1: Primera visita a la mina Chocarsí



Anexo 4: Diferentes tamices previos al análisis de la granulometría para el proceso del estudio del suelo.



Anexo 2: Método del Cuarteo de la muestra previa a la obtención de la sub muestra para el análisis físico - químico.



Anexo 5: Experimentación de las especies vegetales en el ecosistema de la mina.



Anexo 3: Comparación de las muestras tamizadas, derecha suelo de la mina, izquierda suelo del ecosistema de referencia. Previo a determinación del tipo de suelo.



Anexo 6: Chilca Redonda *Baccharis salicifolia* después de ser colocada en la mina Chocarsí



Anexo 7: Segunda visita a la zona de experimentación en la mina Chocarsí



Anexo 8: Cuarta visita a la zona de experimentación.



Anexo 9: Fotografía panorámica del Ecosistema de Referencia.



Anexo 10 Última visita a la zona de experimentación.

Anexo 11: Formato utilizado para la toma de datos de las diferentes especies que se encuentran en la mina.



UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CUENCA
COMISIONADO EDUCATIVO AL SERVICIO DEL PUEBLO

PLAN DE RESTAURACIÓN PAISAJÍSTICA EN LA
MINA "CHOCARSI", BASADO EN LA
EXPERIMENTACIÓN CON ESPECIES VEGETALES
DEL ECOSISTEMA DE REFERENCIA.




Fecha de Visita:					
Visita Numero:					
	Ancho de tallo	Alto de tallo	Numero de Ramas	Otro	Observaciones
E1P1					
E1P2					
E1P3					
E2P1					
E2P2					
E2P3					
E3P1					
E3P2					
E3P3					
E4P1					
E4P2					
E4P3					
E5P1					
E5P2					
E5P3					
E6P1					
E6P2					
E6P3					
E7P1					
E7P2					
E7P3					
E8P1					
E8P2					
E8P3					
E9P1					
E9P2					
E9P3					
E10P1					
E10P2					
E10P3					

Anexo 12: Formato utilizado para la toma de datos de las diferentes especies que se encuentran en la mina.



Anexo 13: Flor de Cristo, encontrada en el levantamiento Biótico.



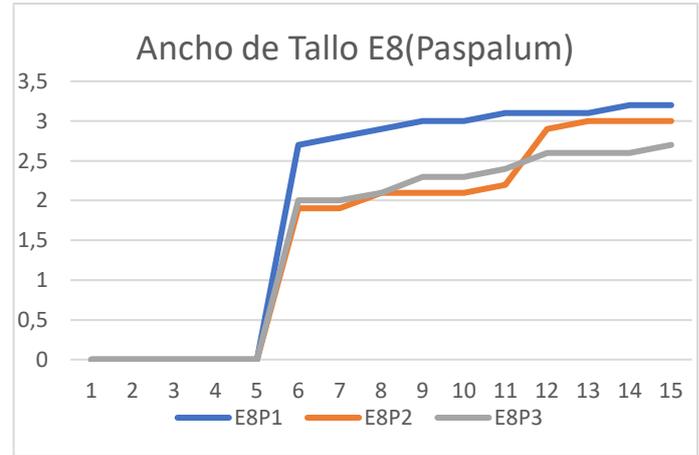
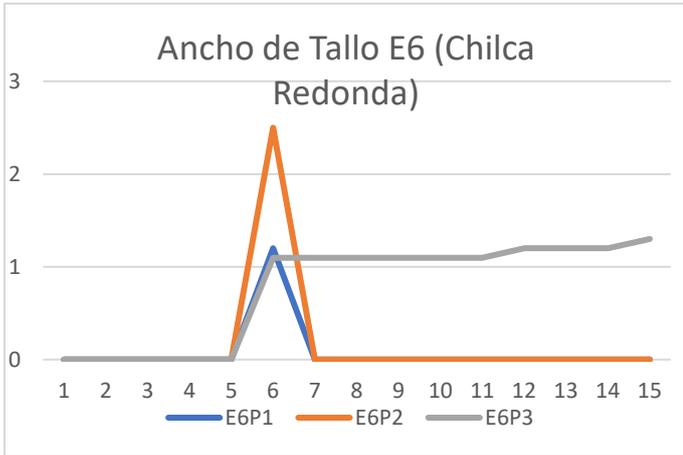
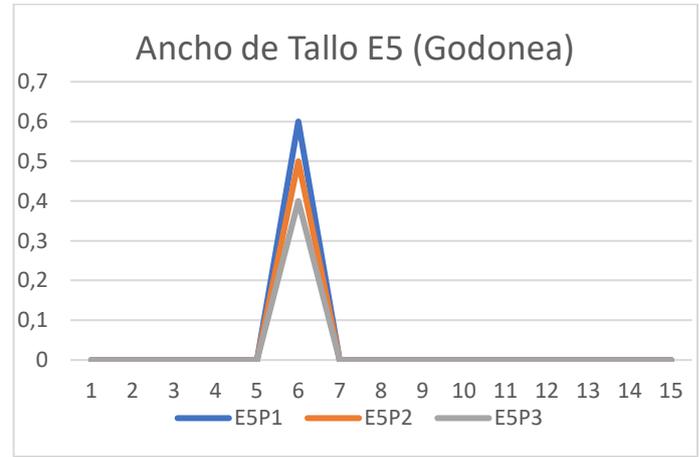
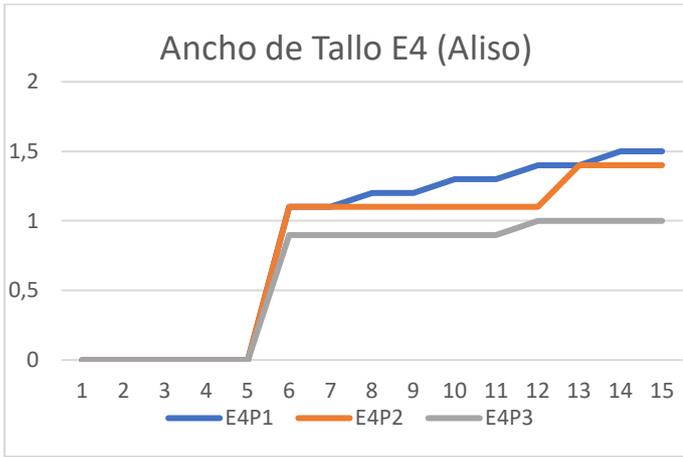
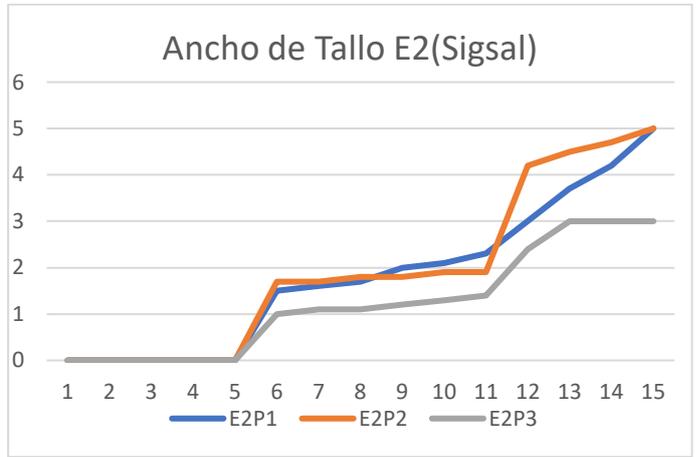
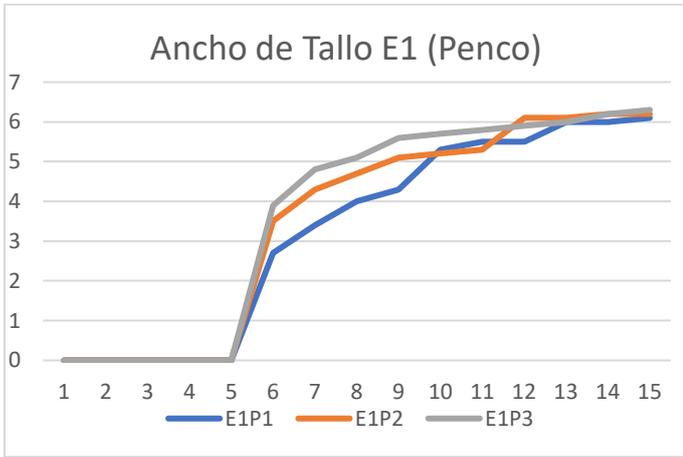
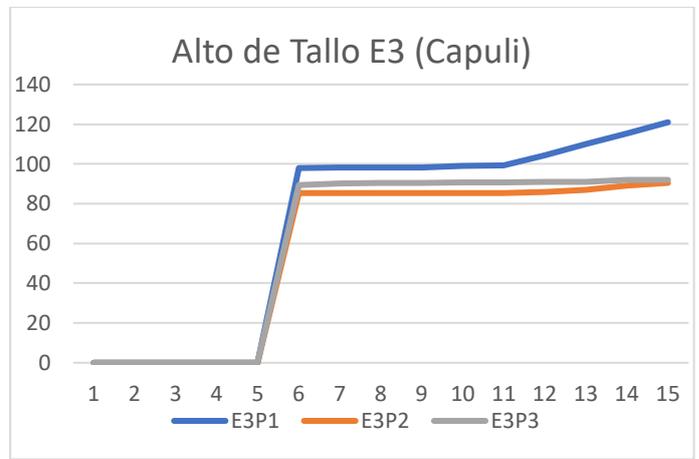
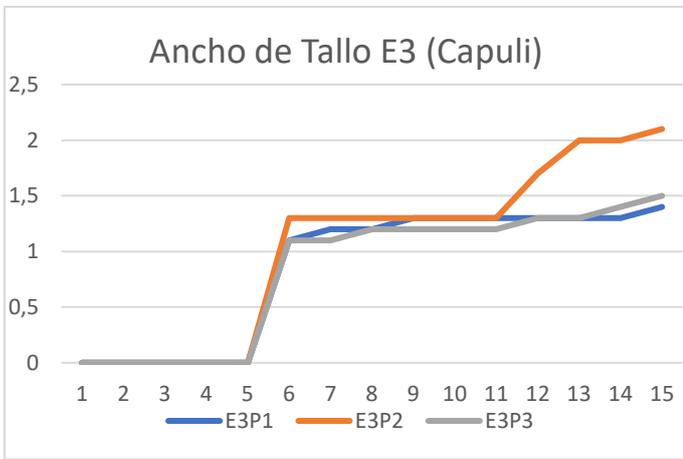
Anexo 14: Chirca de Monte encontrada en el Levantamiento Biótico

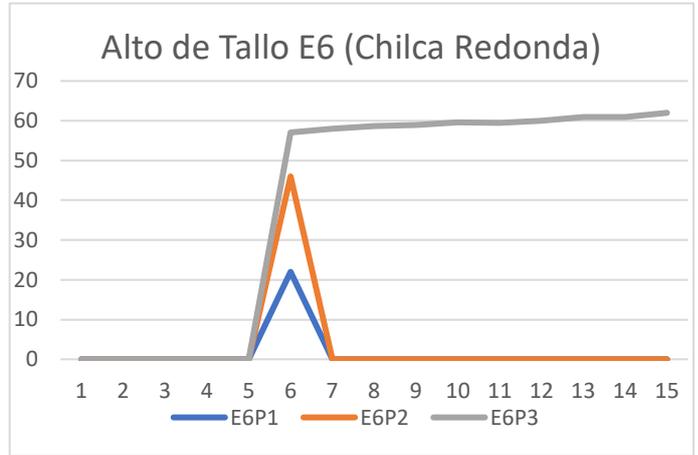
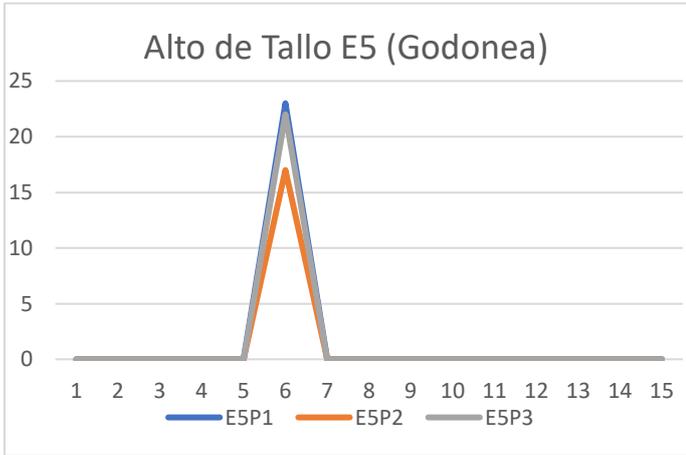
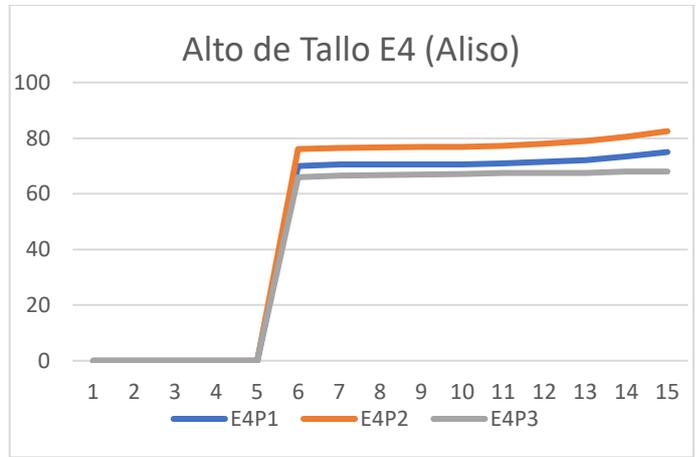
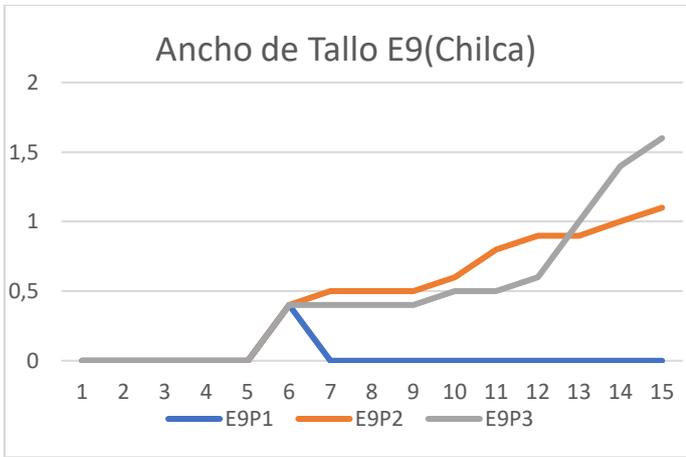


Anexo 15 *Fotografía Aérea del ecosistema de referencia.*

Anexo 16: Datos de medidas durante la experimentación.

		Especie 1			Especie 2			Especie 3			Especie 4			Especie 5			Especie 6			Especie 7			Especie 8			Especie 9		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Ancho	1	2,7	3,5	3,9	1,5	1,7	1,0	1,1	1,3	1,1	1,1	1,1	0,9	0,6	0,5	0,4	1,2	2,5	1,1	0,0	0,0	0,0	2,7	1,9	2,0	0,4	0,4	0,4
	2	3,4	4,3	4,8	1,6	1,7	1,1	1,2	1,3	1,1	1,1	1,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	2,8	1,9	2,0	0,0	0,5	0,4
	3	4,0	4,7	5,1	1,7	1,8	1,1	1,2	1,3	1,2	1,2	1,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	2,9	2,1	2,1	0,0	0,5	0,4
	4	4,3	5,1	5,6	2,0	1,8	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	3,0	2,1	2,3	0,0	0,5	0,4
	5	5,3	5,2	5,7	2,1	1,9	1,3	1,3	1,3	1,2	1,3	1,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	3,0	2,1	2,3	0,0	0,6	0,5
	6	5,5	5,3	5,8	2,3	1,9	1,4	1,3	1,3	1,2	1,3	1,1	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	3,1	2,2	2,4	0,0	0,8	0,5
	7	5,5	6,1	5,9	3,0	4,2	2,4	1,3	1,7	1,3	1,4	1,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	3,1	2,9	2,6	0,0	0,9	0,6
	8	6,0	6,1	6,0	3,7	4,5	3,0	1,3	2,0	1,3	1,4	1,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	3,1	3,0	2,6	0,0	0,9	1,0
	9	6,0	6,2	6,2	4,2	4,7	3,0	1,3	2,0	1,4	1,5	1,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	3,2	3,0	2,6	0,0	1,0	1,4
	10	6,1	6,2	6,3	5,0	5,0	3,0	1,4	2,1	1,5	1,5	1,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	3,2	3,0	2,7	0,0	1,1	1,6
Alto	1	25	27,0	24,5	0,0	0,0	0,0	98,0	85,5	89,5	70,0	76,0	66,0	23,0	17,0	22,0	22,0	46,0	57,0	60,0	103,2	67,0	0,0	0,0	0,0	25,0	21,0	23,0
	2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,2	85,5	90,2	70,5	76,5	66,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,0	23,0
	3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,2	85,5	90,5	70,5	76,7	66,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	58,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,5	23,0
	4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	98,3	85,5	90,5	70,6	76,9	67,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0	23,0
	5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,0	85,5	90,8	70,6	76,9	67,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,0	23,0
	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,2	85,5	90,8	70,9	77,3	67,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0	23,2
	7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	104,5	86,0	91,0	71,5	78,0	67,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,0	23,5
	8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	110,0	87,0	91,0	72,0	79,0	67,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	23,5
	9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	115,5	89,0	92,0	73,4	80,5	68,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	61,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,0	23,5
	10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	121,0	90,5	92,0	75,0	82,5	68,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	62,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,0	23,5





Anexo 17 Resumen de cuadros de crecimiento de las diferentes especies vegetales en los diferentes parámetros, se observa el crecimiento y muerte de las diferentes repeticiones de cada una de las especies.

Análisis Físico-Químico del suelo

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO

PROYECTO Restauracion paisajistico de la Mina Chocarsi
 MUESTRA Ecosistema de la Mina Chocarsi
 SOLICITADO POR : Bryam Buestán
 FECHA _____

	ABERTURA	PESO RET.	RET. ACUM.	%	%	%
TAMIZ N°	MM.	GM.	GM.	RETENIDO	PASA	ESPECIF.
3"	76,2	0				
2 1/2"	63,5	0				
2"	50,8	0	0	0	100	
1 1/2"	38,1	411	411	2,98	97,02	
1"	25,4	1277,5	1688,5	12,25	87,75	
3/4"	19,1	896,5	2174	15,77	84,23	
1/2"	12,7	615	1511,5	10,97	89,03	
3/8"	9,52	1149,5	1764,5	12,80	87,20	
N°4	4,76	3623	4772,5	34,63	65,37	
PASA No4		6222				
10	2	336,9	336,9	72,99	27,01	
40	0,42	266,3	603,2	84,96	15,04	
200	0,074	101,9	705,1	89,54	10,46	
FONDO		1,8	706,9			
TOTAL			13782,81			

PESO ANTES DEL ENSAYO 14214 PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO = 1000
 PESO DESPUES DEL ENSAYO 14194,5 PESO SECO ANTES DEL LAVADO = 937,64
 % DE HUMEDD 6,65 PESO SECO DESPUES DEL LAVADO = 707,6



Ing. Luis Mario Almache
 Jefe de Laboratorio

Atanasio Jara
 Laboratorista

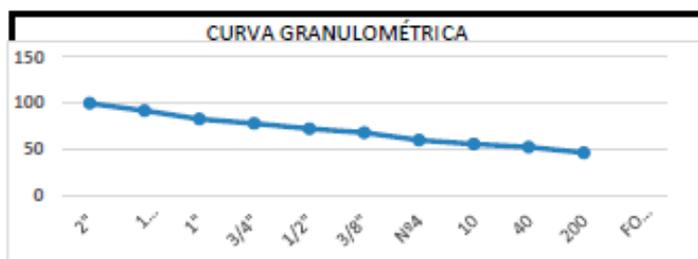
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ANALISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO

PROYECTO Restauracion paisajistico de la Mina Chocarsi
 MUESTRA Ecosistema de Referencia
 SOLICITADO POR : Bryam Buestán
 FECHA _____

TAMIZ Nº	ABERTURA MM.	PESO RET. GM.	RET. ACUM. GM.	% RETENIDO	% PASA	% ESPECIF.
3"	76,2	0				
2 1/2"	63,5	0				
2"	50,8	0	0	0	100	
1 1/2"	38,1	1078,5	1078,5	7,82	92,18	
1"	25,4	1246,5	2325	16,87	83,13	
3/4"	19,1	628	2953	21,43	78,57	
1/2"	12,7	802	3755	27,24	72,76	
3/8"	9,52	580,5	4335,5	31,46	68,54	
Nº4	4,76	1090	5425,5	39,36	60,64	
PASA No4		8888	8357,31			
10	2	70	70	43,87	56,13	
40	0,42	50	120	47,09	52,91	
200	0,074	91,64	211,64	53	47,00	
FONDO		2,6	214,24			
TOTAL			13782,81			

PESO ANTES DEL ENSAYO 14345 PESO HUMEDO ANTES DEL LAVADO = 1000
 PESO DESPUES DEL ENSAYO 14313 PESO SECO ANTES DEL LAVADO = 940,32
 % DE HUMEDD 6,35 PESO SECO DESPUES DEL LAVADO = 214,3



Ing. Luis Mario Almache
 Jefe de Laboratorio

Atanasio Jara
 Laboratorista

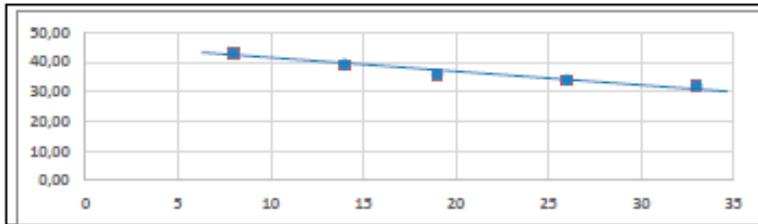
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO Restauracion paisajistico de la Mina Chocarsi
 MUESTRA Ecosistema de Referencia
 SOLICITADO POR Bryam Buestán
 FECHA _____

LÍMITES DE ATERBERG

AASHO T-89 T-90
 A.S.T.M. D-123 D-124

TARRO NO	LÍMITE LÍQUIDO					LÍMITE PLÁSTICO				HUMEDAD NATURAL	
	1	3	4	54	20	10	7	101	26		
N. DE GOLPES	36	30	22	16	12						
M. HUMEDA + TARRO	34,76	34,48	34,41	33,78	35,49	25,8	28	8,27	26		
M. SECA + TARRO	31,57	31,49	30,98	30,57	31,9	25	28	7,51	25		
PESO DEL AGUA	3,19	2,99	3,43	3,21	3,59	0,77	0,6	0,76	0,7		
PESO DEL TARRO	20,98	21,71	20,71	21,28	22,1	21,6	25	4,1	22		
PESO MUESTRA SECA	10,59	9,78	10,27	9,29	9,8	3,45	2,7	3,41	3,2		
% DE HUMEDAD	30,12	30,57	33,4	34,55	36,63	22,3	24	22,3	23		



PESO HÚMEDO ANTES DEL LAVADO _____ gm.
 PESO SECO ANTES DEL LAVADO _____ gm.
 PESO SECO DESPUÉS EL LAVADO _____ gm.
 PESO SECO DESPUÉS DEL TAMIZADO _____ gm.
 HUMEDAD % _____
 % DE ERROR _____

TAMIZ	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA
Nº 4				
Nº 10				
Nº 40				
Nº 200				
FONDO				

Ing. Luis Mario Almache
 Jefe del Laboratorio

Atanasio Jara
 Laboratorista

Estudiante

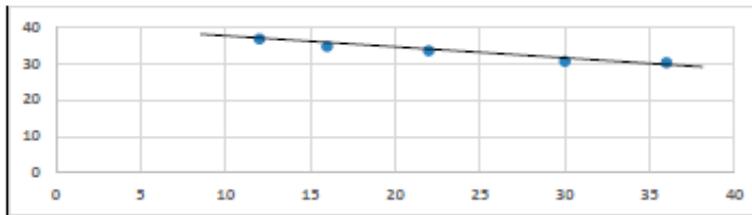
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO Restauracion paisajistico de la Mina Chocarsi
MUESTRA Ecosistema de Mina Chocarsi
SOLICITADO POR Bryam Buestán
FECHA _____

LÍMITES DE ATERBERG

AASHO T-89 T - 90
A.S.T.M. D-123 D- 124

TARRO NO	LÍMITE LÍQUIDO					LÍMITE PLASTICO				HUMEDAD NATURAL		
	1	3	4	54	20	10	7	101	26			
N. DE GOLPES	33	26	19	14	8							
M. HUMEDA + TARRO	38,78	33,68	33,14	33,74	36,07	25,8	25	25,9	18			
M. SECA + TARRO	34,44	30,5	29,96	30,2	31,44	24,9	24	24,9	17			
PESO DEL AGUA	4,34	3,18	3,18	3,54	4,63	0,9	0,7	0,94	1			
PESO DEL TARRO	20,88	21,13	21,09	21,17	20,68	21,1	21	21	12			
PESO MUESTRA SECA	13,56	9,37	8,87	9,03	10,76	3,84	3,3	3,91	4,3			
% DE HUMEDAD	32,01	33,94	35,85	39,2	43,03	23,4	23	24	23			



PESO HÚMEDO ANTES DEL LAVADO _____ gm.
PESO SECO ANTES DEL LAVADO _____ gm.
PESO SECO DESPUES EL LAVADO _____ gm.
PESO SECO DESPUÉS DEL TAMIZADO _____ gm.
HUMEDAD % _____
% DE ERROR _____

TAMIZ	PESO RETENIDO	PESO RETENIDO ACUMULADO	% RETENIDO	% QUE PASA
Nº 4				
Nº 10				
Nº 40				
Nº 200				
FONDO				

Ing. Luis Mario Almache
Jefe del Laboratorio

Atanasio Jara
Laboratorista

Estudiante

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

CÓDIGO DE LA MUESTRA: CAAR-001-18

INFORME No.	CAAR-001	Fecha de Emisión del Informe:	2018-08-03	REVISIÓN #: 1
CLIENTE:	Universidad Católica de Cuenca		RUC:	
SOLICITANTE:	Bryan Buenstán (tesista)		C.I. / RUC:	0106039829003
DIRECCIÓN DEL SOLICITANTE:	e-mail: bbuenstan@ucac.edu.ec		TELEFONOS:	0999077519
OBJETO DE LA SOLICITUD	Investigación			
TIPO DE MUESTRA:	Suelo			
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Mina Chocaris (X: 0735445, Y:9682728)			
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):			GICAAR ()	CLIENTE (x) OTRO ()
Fecha de vencimiento de la muestra:				
Fecha de recolección de muestras:	14/05/2018	Hora recolección:	10:00	
Fecha de recepción de muestras:	14/05/2018	Hora recepción:	13:30	
Fecha de inicio de Ensayos:	21/05/2018	Fecha fin de Ensayos:	01/06/2018	

Cuando GICAAR es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida

RESULTADOS ANALISIS DE SUELO

AA	Parámetro Analizado	Técnica	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 18-001	Valores máximos permisibles	Límite de cuantificación
2	Fosfatos	Espectrofotométrico, en medio de suspensión	mg/kg	2.45 (en suspensión, relación 1:2.5)		
2	Nitratos	Espectrofotométrico, en medio de suspensión	mg/kg	Ausencia (en suspensión, relación 1:2.5)		
2	Materia orgánica	Calcinación	%	8.80		
2	Humedad	Gravimetría	%	44.12		
2	pH	pH metro, en medio de suspensión	unidad de pH	6.98 (en suspensión, relación 1:2.5)		
2	Conductividad	Conductímetro	µS/cm	206		

NOTAS:

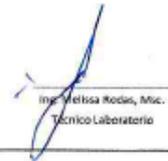
AA (Acreditaciones)	Características de las muestras: Cumple con la integridad
2: Los resultados fueron suministrados por el GICAAR de la Universidad Católica de Cuenca	
3: Ensayos subcontratados. GICAAR asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	

Declaro que los resultados sólo están relacionados con los ítems ensayados. Está prohibida la reproducción del informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio.

Observaciones:

Informe elaborado por:

Informe aprobado por:


Ing. Melisa Rodas, Msc.
Técnico Laboratorio


Ing. Carlos Matosella, Msc.
Coordinador del Laboratorio

Cuenca,

Viernes 3 de agosto de 2018

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYOS

CÓDIGO DE LA MUESTRA: CAAR-002-18

INFORME No.	CAAR-002	Fecha de Emisión del Informe:	2018-08-03	REVISIÓN #: 1
CLIENTE:	Universidad Católica de Cuenca	RUC:		
SOLICITANTE:	Bryan Bustán (Asista)	C.I. / RUC:		0106039829001
DIRECCIÓN DEL SOLICITANTE:	e-mail: bbustan@lwc.com	TELÉFONOS:		0996775319
OBJETO DE LA SOLICITUD	INVESTIGACIÓN			
TIPO DE MUESTRA:	SUELO			
PUNTO DE TOMA DE MUESTRA:	Nullo (X: 0736438, Y: 9681208)			
CADENA DE CUSTODIA (si aplica):		GICAAR ()	CLIENTE (X)	OTRO ()
Fecha de recolección de muestras:	17/05/2018	Hora recolección:	15:00-17:00	Cuando GICAAR es responsable de la Toma de Muestra, se garantiza la trazabilidad de la muestra en base a la cadena de custodia y la información ahí contenida
Fecha de recepción de muestras:	18/05/2018	Hora recepción:	12:30	
Fecha de inicio de ensayos:	21/05/2018	Fecha Fin de Ensayos:	01/06/2018	
Nombre del Lote:		Descripción del lote:		

RESULTADOS ANALISIS DE SUELO

AA	Parámetro Analizado	Técnica	Unidad	MUESTRA		
				Resultados 18-002	Valores máximos permisibles	Límite de cuantificación
2	Fosfatos	Espectrofotométrico, en medio de suspensión	mg/kg	2.80 [en suspensión, relación 1:2.5]		
2	Nitratos	Espectrofotométrico, en medio de suspensión	mg/kg	6.64 [en suspensión, relación 1:2.5]		
2	Materia orgánica	Calcinación	%	8.05		
2	Humedad	Gravimetría	%	45.17		
2	pH	pH metro, en medio de suspensión	unidad de pH	7.0 [en suspensión, relación 1:2.5]		
2	Conductividad	Conductímetro	µS/cm	272.00		

NOTAS:

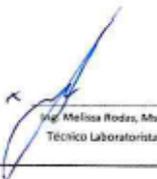
AA (Acreditaciones)	Características de las muestras: Cumple la integridad de la muestra
2: Los resultados fueron suministrados por el GICAAR de la Universidad Católica de Cuenca	
3: Ensayos subcontratados. GICAAR asume la responsabilidad por los ensayos subcontratados. En el apartado observaciones se indica el laboratorio subcontratado	

Declaro que los resultados sólo están relacionados con los ítems ensayados. Está prohibida la reproducción del informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita del laboratorio.

Observaciones:

*Los resultados fueron suministrados por el GICAAR de la Universidad Católica de Cuenca.

Informe elaborado por:



Ing. Melissa Rodas, Msc.
Técnico Laboratorista

Informe aprobado por:



Ing. Carlos Masovelle, Msc.
Coordinador del Laboratorio

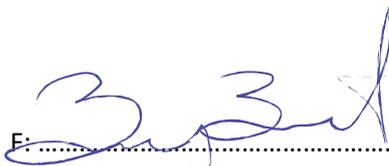
Cuenca, viernes 3 de agosto de 2018



**PERMISO DEL AUTOR DE TESIS PARA SUBIR AL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL**

Yo, **BRYAM ISRAEL BUESTÁN RIVAS** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° 0106039829. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“PLAN DE RESTAURACIÓN PAISAJÍSTICA EN LA MINA “CHOCARSÍ”, BASADO EN LA EXPERIMENTACIÓN CON ESPECIES VEGETALES DEL ECOSISTEMA DE REFERENCIA”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 14 de febrero de 2019

F: 

Bryam Israel Buestán Rivas

C.I. 0106039829