

**Monitoreo de las parcelas de restauración ecológica establecidas en la zona
minera el Vinagre Puracé.**



ANA ISABEL LÓPEZ ROJAS

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2019**

**Monitoreo de las parcelas de restauración ecológica establecidas en la zona
minera el Vinagre Puracé.**

ANA ISABEL LÓPEZ ROJAS

Proyecto de Trabajo de Grado para optar al título de Biólogo

**Director del trabajo de grado:
DIEGO JESÚS MACÍAS PINTO
Profesor Departamento de Biología**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
POPAYÁN
2019**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Director

Diego Macías Pinto

Evaluador

Giovanni Varona Balcázar

Evaluador

Hernando Rafael Vergara Varela

3 de mayo de 2019

Dedicado a:

Mis padres, Dora Rojas y Wilson López y a mi abuela Isabel López, con todo mi amor y cariño, en agradecimiento a su apoyo y comprensión, por haberme formado con valores, principios y perseverancia y sobre todo por darme todo su amor incondicional.

AGRADECIMIENTOS:

A Edison Manquillo, por haberme brindado su afecto, su ayuda, por estar conmigo en los momentos más difíciles y acompañarme en todo este proceso.

A mi director, Diego Macías, por su guía, paciencia y por compartir conmigo toda su experiencia.

A Yulli Velasco por su amistad.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	11
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS.....	17
3.1 GENERAL:	17
3.2 ESPECÍFICOS:.....	17
4. ANTECEDENTES.....	18
5. MARCO TEÓRICO.....	20
5.1 RESTAURACIÓN ECOLÓGICA	20
5.2 DIAGNOSTICO:	20
5.3 MONITOREO:	21
6. METODOLOGÍA	22
6.1 ÁREA DE ESTUDIO	22
6.2 MONITOREO	23
6.2.1 Evaluación de la vegetación establecida en las parcelas:	23
6.2.2 Evaluación espacio-temporal de la vegetación establecida en las parcelas	23
6.3 IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS Y PROPUESTA DE LINEAMIENTOS ALTERNATIVOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PARCELAS.....	24
6.3.1 Enriquecimiento del suelo:	24
6.3.2 Modificación del sistema de riego:.....	24
7. RESULTADOS.....	25
7.1 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA.....	25
7.2 EVALUACIÓN DEL ESTADO FENOLÓGICO DE LAS ESPECIES PRESENTES EN LAS PARCELAS.....	27
7.3 EVALUACIÓN DEL ESTADO FITOSANITARIO DE LAS ESPECIES PRESENTES EN LAS PARCELAS.....	30
7.4 EVALUACIÓN DE LA ALTURA Y COBERTURA DE LAS ESPECIES PRESENTES EN LAS PARCELAS.....	33

7.4.1 Cobertura:	33
7.4.2 Altura:.....	34
7.5 EVALUACIÓN DE LA RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE LAS PARCELAS. .	36
7.6 ALTERNATIVAS PARA EL POTENCIAMIENTO DEL PROCESO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.	37
7.6.1 Acciones mecánicas:.....	37
7.6.2 Enriquecimiento de suelo:	38
7.6.3 Sistema de riego:	39
8 DISCUSIÓN	40
8.1 Composición florística:.....	40
8.2 Estado Fenológico:	41
8.3 Estado fitosanitario:	41
8.4 Crecimiento en altura y cobertura:	42
9 CONCLUSIONES	44
10 RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA.....	46
ANEXOS	53

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Resguardo indígena de Puracé. Fuente Cabildo indígena de Puracé ...	22
Figura 2 Área de concesión minera. EMICAUCA.S.A	22
Figura 3 Número de especies por parcela	26
Figura 4 Número de individuos por especie.	27
Figura 5. Porcentaje del estado fenológico de los individuos establecidos a través del tiempo.	28
Figura 6. Porcentaje de estado fenológico de las especies a través del tiempo ...	28
Figura 7. Porcentaje de estado fenológico de las especies a través del tiempo. ...	29
Figura 8 Representación gráfica del porcentaje del estado fitosanitario de los individuos establecidos a través del tiempo.	30
Figura 9. Porcentaje de estado fitosanitario de las especies a través del tiempo.	31
Figura 10. Porcentaje de estado fitosanitario de las especies a través del tiempo	32
Figura 11. Representación gráfica del porcentaje del estado cobertura de los individuos establecidos en las parcelas de restauración ecológica.	34
Figura 12. Representación gráfica de la altura en cm de los individuos establecidos en las parcelas de restauración ecológica a través del tiempo.	35
Figura 13. Levantamiento topográfico de la zona de estudio ubicada al oriente de la planta minera	37

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla 1. Composición florística de un área delimitada en la periferia de la mina de azufre El Vinagre, 8 meses después del establecimiento de las parcelas de restauración.	25
Tabla 2. Índices de dominancia y diversidad encontrados en las parcelas de restauración ecológica.	36

LISTA DE ANEXOS

	Pág
Anexo 1. Tabla de registro diseñada para la datos de las variables consideradas dentro del proceso de monitoreo.	53
Anexo 2. Estudio de suelo	54
Anexo 3 Número de especies por parcela	55
Anexo 4 Porcentaje del estado fenológico de las especies presentes en la parcela 1 a través del tiempo.	56
Anexo 5 Porcentaje de estado fenológico de los individuos presentes en la parcela 2 a través del tiempo.	56
Anexo 6 Porcentaje de estado fenológico de los individuos presentes en la parcela 3 a través del tiempo.	57
Anexo 7 Porcentaje de estado fenológico de los individuos presentes en la parcela 4 a través del tiempo.	57
Anexo 8 Porcentaje de estado fitosanitario de los individuos presentes en la parcela 1 a través del tiempo.	58
Anexo 9 Porcentaje de estado fitosanitario de los individuos presentes en la parcela 2 a través del tiempo.	58
Anexo 10 Porcentaje de estado fitosanitario de los individuos presentes en la parcela 3 a través del tiempo.	59
Anexo 11 Porcentaje de estado fitosanitario de los individuos presentes en la parcela 4 a través del tiempo.	59
Anexo 12 Porcentaje de cobertura de los individuos presentes en la parcela 1 a través del tiempo.	60
Anexo 13 Porcentaje de cobertura de los individuos presentes en la parcela 2 a través del tiempo.	60
Anexo 14 Porcentaje de cobertura de los individuos presentes en la parcela 3 a través del tiempo.	61
Anexo 15 Porcentaje de cobertura de los individuos presentes en la parcela 4 a través del tiempo.	61
Anexo 16 Altura promedio de los individuos presentes en la parcela 1 a través del tiempo.....	62
Anexo 17 Altura promedio de los individuos presentes en la parcela 2 a través del tiempo.....	62
Anexo 18 Altura promedio de los individuos presentes en la parcela 3 a través del tiempo.....	63
Anexo 19 Altura promedio de los individuos presentes en la parcela 4 a través del tiempo.....	63
Anexo 20 Área experimental, durante el proceso de establecimiento y monitoreo.	64

Anexo 21 Etiquetado de las plantas para su identificación,.....	65
Anexo 22 Participación del personal de la planta minera en el reconocimiento del área	65
Anexo 23 Pendiente de la parte occidental del área experimental	66
Anexo 24 Panorámica de la planta minera.	66
Anexo 25 Especies presentes en las parcelas experimentales.	67

RESUMEN.

Se hizo seguimiento durante 6 meses, de las parcelas del plan piloto de restauración ecológica, establecidas 8 meses atrás en la zona de influencia minera el Vinagre, ubicada en el municipio de Puracé – Cauca, el registro y toma de datos se realizó cada 2 meses; las variables evaluadas fueron: Composición, altura, cobertura, estado fenológico y estado fitosanitario; se registraron: 16 familias, 18 géneros y 18 especies, las familias más representativas fueron: Asteraceae y Poaceae, cada una con dos géneros, las especies con mayor número de individuos fueron: *Carex pichinchensis* con 196 individuos y *Pernettya prostrata* con 37 individuos, el análisis de cobertura mostró que las especies que aumentaron su cobertura y altura fueron: *C. pichinchensis*, *R. acetosella*, *P. occidentalis*, *C. effusa* y *W. rollottii*, mientras que *P. prostrata* y *P. bogotensis* la disminuyeron, la especie que registro mayor altura fue: *P. occidentalis* con 78 cm, durante el monitoreo el porcentaje de individuos infértiles aumento de 46% a 62%, el análisis de biodiversidad de las parcelas indico una alta dominancia de la especie *C. pichinchensis* en la parcela 2, mientras que la parcela 1 fue la más equitativa, , el estado fitosanitario de los individuos se vio afectado por la contaminación de ACPM en el sistema de riego por lo que este fue suspendido, además se hizo un enriquecimiento del suelo con abono orgánico (Compost), enriquecido con microorganismos eficientes (M.E) en las parcelas experimentales, finalmente se plantearon propuestas alternativas para ampliar la cobertura vegetal, mejorar las condiciones del suelo, reducir la erosión y rediseñar el sistema de riego en las parcelas.

Palabras clave: Puracé, Páramo, Minería, Monitoreo.

ABSTRACT.

It was followed for 6 months of the parcels of the pilot plan of ecological restoration, established 8 months ago in zone Dand mining influence the vinegar, located in the commune of Puracé-Cauca, the recording and data taking was carried out every 2 months; Variables assessed were: composition, height, coverage, phenological state and phytosanitary status; We recorded: 16 Families, 18 genera and 18 species, the most representative families were: Asteraceae and Poaceae, each with two genera, the species with the greatest number of individuals were: *Carex pichinchensis* with 196 individuals and *Pernettya prostrata* with 37 individuals, the coverage analysis showed that the species that increased their coverage and height were: *C.pichinchensis*, *R.acetosella*, *P.occidentalis*, *C.effusa* and *W.rollottii*, while *P.prostrata* and *P.bogotensis* It decreased, the species that recorded the highest height was: *P. occidentalis* with 78 cm, during the monitoring the percentage of infertile individuals increase from 46% to 62%, the biodiversity analysis of the plots indicated a high dominance of species *C.pichinchensis* in Plot 2, while parcel 1 was the most equitable, the phytosanitary status of the individuals was affected by the contamination OF ACPM in the irrigation system so this was suspended, and also made an enrichment of the soil with organic fertilizer (Compost), enriched with efficient microorganisms (M. E) in the experimental plots, finally, alternative proposals were raised to expand plant cover, improve soil conditions, reduce erosion and Redesign the irrigation system in the plots.

Keywords: Puracé, Páramo, Mining. Monitoring

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La explotación de azufre en el municipio de Puracé de manera industrializada se ha desarrollado desde 1946 (Arboleda, 2013), generando deterioro en aspectos ambientales tales como degradación del suelo, contaminación del aire, alteración en las propiedades físico químicas de los afluentes cercanos a la zona de operación de la mina, esto ha traído como consecuencia el deterioro de la cubierta vegetal de los suelos, así como contaminación por emisión de partículas sólidas, gases y ruidos, estas condiciones crean un ambiente hostil para los organismos acuáticos y terrestres (A. Manquillo, com. Pers y Galeano, 2012).

Es evidente el deterioro de la capacidad de resiliencia del ecosistema y se debe priorizar los procesos de restauración y monitoreo en esta región teniendo en cuenta que se trata de un páramo que provee una cuota a la gran red hídrica del Cauca y del país, de igual manera se debe considerar que en un futuro aumentaría los costos en los procesos de restauración y monitoreo además de que ocasionaría una pérdida en la identidad cultural de la comunidad indígena, para los cuales la madre tierra siente e interactúa con ellos.

La sentencia C-035 emitida por la Corte Constitucional (2016), protege los páramos denominándolos áreas de especial importancia ecológica con la finalidad de garantizar la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales para el bienestar humano. Ante la vulnerabilidad, fragilidad y dificultad de recuperación de los ecosistemas de páramo, el Estado tiene a su cargo la obligación de brindar una protección más amplia y especial, dirigida específicamente a preservar este tipo de ecosistema.

Dada esta sentencia la empresa EMICAUCA que es la que opera en la zona de paramo se verá obligada a detener sus actividades, antes de ello se inició en la periferia de la mina un proyecto denominado plan piloto de restauración ecológica por parte del estudiante Edison Manquillo del programa de Ingeniera Ambiental de

la Universidad del Cauca que evaluó y cualificó una iniciativa comunitaria que se desarrolló en el año 2010 de restauración en pro de mejorar la condiciones ambientales de la zona.

Los procesos de restauración en Colombia han proporcionado insumos importantes, sin embargo no se han incluido en ellos procesos de monitoreo, lo que ha generado un vacío en la información disponible. Según Baptiste (2015), esto es preocupante debido a que no se conoce como han funcionado los diferentes métodos de restauración aplicados o si se está teniendo éxito en el proceso; además mediante el registro constante de los diferentes indicadores biológicos es posible comparar con otros procesos de restauración similares. Así mismo, tener criterios para realizar modificaciones una vez se hayan establecidas las parcelas. El proceso de restauración requiere de un monitoreo que permita llevar un registro del desarrollo de las especies establecidas según los tratamientos.

2. JUSTIFICACIÓN

Los páramos son ecosistemas ubicados entre los 3.100 y los 4.000 metros sobre el nivel del mar, reciben luz solar todo el año con una calidad y cantidad única por su ubicación en la zona ecuatorial, por lo cual presentan una vegetación característica adaptada a estas condiciones. Además dada su baja temperatura, al disminuir la evaporación y retener agua son lugares de carácter estratégico para la regulación hídrica (Reyes, 2013), las comunidades se benefician de los servicios ecosistémicos que los páramos ofrecen por lo tanto se debe considerar el proceso de restauración de un ecosistema como un proceso que incluya las relaciones que los grupos sociales establecen con los demás elementos (Cano, et al., 2006).

La importancia de hacer el monitoreo a las parcelas de restauración establecidas en la zona minera el Vinagre, radica, en que mediante el análisis de la información transmitida por el ecosistema, en respuesta a las técnicas de restauración y conservación aplicadas, se pueda verificar si se está dando la restauración de acuerdo a los objetivos planteados o con la información generada hacer ajustes en los indicadores de éxito de la restauración, también es necesario implementar el monitoreo porque en él se puede incluir a los habitantes, haciéndolos participes activos en el proceso y apropiándose de la importancia de la restauración, monitoreo y conservación, esto es relevante debido a que la zona de ubicación de la mina, corresponde a zona de paramo y a una zona indígena.

El resguardo Indígena de Puracé “Tierra de fuego” dentro de sus principios ancestrales tiene una cosmovisión integral de su entorno, todo ello se ve reflejado en sus planes de vida, considerando así el territorio no solo como el lugar que habitan si no como parte de sí mismos, por lo cual anteriormente ha realizado este tipo de proyectos que ayudan a la restauración de su entorno, procesos que fueron iniciados por la comunidad en el área (CRIC, 2007).

El programa de las naciones unidas para el medio ambiente (PNUMA), prioriza el mantenimiento y la gestión de los ecosistemas intactos debe ser la prioridad fundamental. Sin embargo, dado que más del 60% de esos ecosistemas ya se encuentra degradado, es preciso que la restauración y el monitoreo adquiera ahora el mismo nivel de prioridad, lo anterior sumado a la sentencia de la Corte constitucional de Colombia C-035 que sugiere la reparación y rehabilitación como alternativa para la comunidad y apoyo al cumplimiento de los objetivos internacionales de reducir sustancialmente el ritmo de pérdida de la diversidad biológica (PNUMA, 2010).

La Empresa Minera Indígena del Cauca (EMICAUCA S.A), tiene gran interés en temas de restauración, debido a que su explotación minera ha producido erosión en las zonas periféricas y la restauración ecológica es una alternativa para la mitigación de estos daños, respondiendo de esta forma con el plan de manejo ambiental (2008), compromiso que tienen ante la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC).

La evaluación y monitoreo de las parcelas establecidas en esta área, se abordó desde la articulación de la Biología e Ingeniería ambiental, dando una mirada interdisciplinar al problema ambiental en esta zona minera, generando alternativas a la actividad minera presente y afianzando los procesos emprendidos por el resguardo indígena Kokonuco en busca de aportar hacia un desarrollo sostenible para la región.

3. OBJETIVOS

3.1 GENERAL:

Monitorear las parcelas establecidas en el plan piloto de restauración ecológica de la zona minera el vinagre Puracé.

3.2 ESPECÍFICOS:

- Evaluar elementos de la composición, estructura, función y relaciones tróficas generales de las parcelas de repoblamiento vegetal establecidas en el proyecto “Plan piloto de restauración ecológica”.
- Proponer alternativas para potenciar el proceso de restauración ecológica en las parcelas.

4. ANTECEDENTES

Los procesos de restauración ecológica (RE) inician en los años 90, la sociedad internacional para la restauración (SER) fundada en 1998 fue el principal promotor para la iniciación de estos procesos de manera oficial en Colombia, a pesar de ser una disciplina relativamente nueva ha producido en ese corto tiempo mucho conocimiento teórico-práctico. Según Márquez (2005), hay una relación directa entre el estado de degradación de un ecosistema y la situación económica-social de sus gentes y de no haber sido modificados los ecosistemas por las personas presente en ellos para ser utilizados en la ganadería y agricultura (monocultivos) hoy su diversidad sería mucho mayor.

En el Cauca se han adelantado estudios como: Vulnerabilidad de humedales altoandinos ante procesos de cambio (Valencia y Figueroa, 2014), que presenta los beneficios de los humedales y la búsqueda de herramientas conceptuales que permitan el manejo de estos ecosistemas como lagunas y humedales para su conservación; y desde hace 40 años está presente el Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Puracé (Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2004). Así mismo se conoce el proceso llamado “Restauración Ecológica Participativa en el Parque Nacional Natural Munchique para Alianza en la Conservación” en los sectores de El Rosal, El Cóndor y La Playa, cuyos objetivos son mejorar y mantener las condiciones de estructura y función de los ecosistemas deteriorados, para su protección a lo largo del tiempo e implementar estrategias para un uso sustentable de los recursos naturales en una relación armónica entre las comunidades y la naturaleza, trabajo que además cuenta con el reconocimiento de especies dinamogenéticas. También existe un análisis para la restauración de ecosistemas en nueve veredas del macizo colombiano (Varona et al., 2007) y las experiencias de la Corporación Regional del Cauca (CRC) que parten de las actividades del área de repoblamiento forestal, el cual ha realizado diversas intervenciones

especialmente en áreas andinas y altoandinas del Cauca y actualmente desarrollan el proyecto titulado Restauración de cuencas abastecedoras de Agua, así como iniciativas comunitarias para la RE en un área de minería (Jose Beltran – Funcionario CRC; com. pers).

En Colombia hay una historia de más de medio siglo en cuanto a restauración y actualmente se cuenta con políticas y programas gubernamentales como el Plan Nacional de Restauración (MADS, 2015), pero la contraloría estima que las hectáreas restauradas no solo no han sido suficientes para el cumplimiento del Plan nacional de Restauración, si no que no alcanza a compensar la pérdida de bosque (Contraloría General de la Republica, 2012), además no hay relaciones claras entre la inversión, la cantidad de hectáreas y la efectividad de la restauración en cuanto a los componentes funcionales del ecosistema debido a que no se está utilizando ítems claros para el monitoreo de la restauración y solo se está teniendo en cuenta la cantidad de área revegetalizada (Murcia et al., 2015).

5. MARCO TEÓRICO

5.1 RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

La restauración ecológica es una labor que empieza o estimula la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, o destruido, respecto a su vitalidad, integridad y sostenibilidad (SER, 2004). Las tareas de restauración ecológica son fundamentales para la preservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos debido a que los ecosistemas como los páramos son vitales para el mantenimiento de economías regionales por la producción de agua para la agricultura y bienestar humano de alta calidad (Vargas, 2011) y de esta manera garantizar una base para la vida, desarrollo y sostenimiento de las generaciones futuras la restauración debe iniciar con un diagnóstico del ecosistema a restaurar.

5.2 DIAGNOSTICO:

El diagnóstico en los proyectos de restauración ecológica busca conocer el estado actual del sistema degradado y de referencia, así como la distribución espacial y temporal de los elementos de cada uno de los ecosistemas (CONIF, 2003; Barrera y Valdés, 2011), este inicia con la recopilación y revisión de la información secundaria, zonificación de las unidades del paisaje y definición de los sitios. Posteriormente una caracterización de la estructura (Cobertura en X y Y, habito, altura total (cm), altura hasta la primera rama (cm), CAP, estado fitosanitario, algunos estados fenológicos) y composición de la vegetación; se debe coleccionar y procesar el material vegetal; se organizan las bases de datos (matrices) con la información obtenida y se analiza; para finalmente obtener el estado actual del sistema e identificar los factores limitantes, tensionantes y potenciadores (Barrera et al., 2010).

5.3 MONITOREO:

El monitoreo es un proceso posterior al establecimiento de las parcelas experimentales que permite evaluar diferentes parámetros o variables cuantitativas como el diseño, cobertura, crecimiento y altura además de variables cualitativas como estado fitosanitario y fenología, para determinar si estos tratamientos están cumpliendo con el objetivo propuesto, de esta forma se puede ajustar las acciones de manejo rápidamente para garantizar el cumplimiento del objetivo a corto plazo, evaluado en una escala espacio - temporal experimental de respuesta a los procedimientos realizados y a largo plazo debido a que la restauración es un proceso que requiere compromiso, no solo por parte del realizador del proyecto si no de la comunidad en general y necesita tiempo para determinar si se cumplió con el objetivo (Vargas et al., 2012).

6. METODOLOGÍA

6.1 ÁREA DE ESTUDIO

El complejo minero de azufre natural “EL VINAGRE” está localizada en el municipio de Puracé a 3.600 m.s.n.m., dentro de la jurisdicción del Resguardo Indígena de Puracé, en el departamento del Cauca, a 50 Km de la ciudad de Popayán; su actividad de operación está dirigida por la Empresa Minera Indígena del Cauca (EMICAUCA S.A.), por medio del acuerdo de concesión minera Nro. DDT-091 del 6 de mayo de 2009 y uso del suelo para el aprovechamiento de la minería de azufre de origen volcánico en una extensión de 370 hectáreas por la resolución Nro. 026 del 30 de Septiembre de 2013 (Figura 1 y 2, Anexo 24).

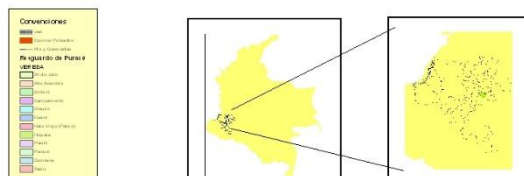
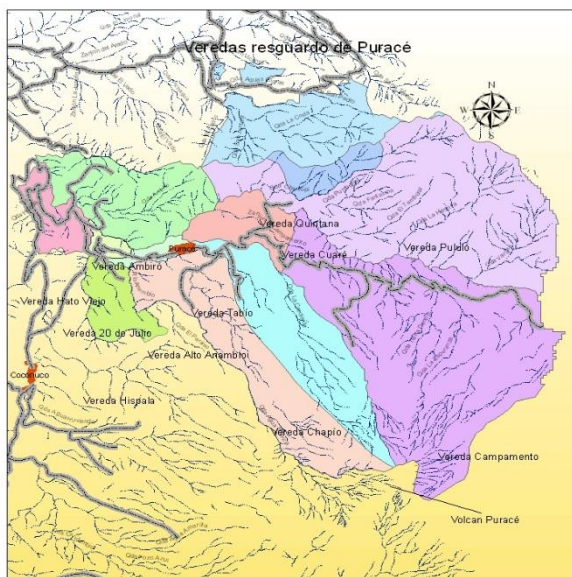


Figura 1. Resguardo indígena de Puracé. Fuente Cabildo indígena de Puracé



Figura 2 Área de concesión minera. EMICAUCA.S.A

6.2 MONITOREO

6.2.1 Evaluación de la vegetación establecida en las parcelas:

En las 4 parcelas de 10 x 10 m, establecidas en el proyecto Plan Piloto de Restauración Ecológica del estudiante de ingeniería ambiental Edison Manquillo en el mes de noviembre del año 2017 y con participación de la comunidad trabajadora de la mina El Vinagre, se hizo el reconocimiento del área y valoración inicial de las 4 parcelas, las 1 y 3 (con tratamiento de abono orgánico) y la 2 y 4 (control), a través del reconocimiento de elementos de composición y estructura. Se marcaron los individuos para su reconocimiento (Anexo 15), se realizaron colectas de muestras de ejemplares en las parcela que fueron herborizadas; las especies se determinaron por comparación con ejemplares del herbario CAUP y manejo de claves especializadas; los parámetros de estructura evaluados fueron: Cobertura en X e Y, habito, altura total (cm), altura hasta la primera rama (cm), CAP, estado fitosanitario, algunos estados fenológicos (Gil, 2010; Cubides y Ariza, 2015), la información fue consignada en la tabla de registro diseñada (Anexo 1, anexo 21 y anexo 22).

6.2.2 Evaluación espacio-temporal de la vegetación establecida en las parcelas:

En total se hicieron tres registros cada dos meses de la vegetación establecida en las parcelas, la información obtenida se consignó en tablas de Excel para su análisis. De manera específica durante el seguimiento de la vegetación de cada parcela se registró: Código del individuo (Columna x fila), Nombre científico, Circunferencia a la Altura del Pecho (C.A.P), Altura total, Habito, Fenología (visualmente su estado al momento de la observación: Botón, Flor, Fruto e infértil) y Estado fitosanitario (visualmente su estado fitosanitario: Bueno, Regular, Malo); la composición de las parcelas (género, especie, número de individuos); en estructura (Especie, Abundancia, Frecuencia, Área basal y Cobertura), finalmente se determinó la riqueza y diversidad mediante los índices de Simpson, Shannon, Margalef, mediante el software estadístico PAST (cantillo et al., 2009).

6.3 IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS Y PROPUESTA DE LINEAMIENTOS ALTERNATIVOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PARCELAS.

Producto del análisis de la información obtenida en campo y siguiendo los lineamientos de Vargas et al (2011) y Barrera et al (2010), se identificaron las potencialidades de restauración ecológica en esta área, se implementaron dos estrategias y se dejan planteados tres lineamientos alternativos para el mejoramiento del proceso de restauración ecológica en el área hacia el futuro.

Las estrategias implementadas fueron:

6.3.1 Enriquecimiento del suelo:

En las parcelas 1 y 3, se aplicó a cada individuo, abono orgánico (compost enriquecido con microorganismos eficientes, colectados en la zona), ajustando la metodología de Enríquez y Viera (2010), este abono orgánico fue elaborado en el complejo minero de acuerdo a los resultados de análisis de suelo, obtenidos por él Estudiante Edison Manquillo (anexo 2), donde se evidencia que es un suelo franco arenoso, con abundante materia orgánica, cobre e hierro, con contenido adecuado de Nitrógeno, fosforo y boro, pobre en potasio y manganeso y muy pobre en calcio, magnesio, sodio, zinc y cobre además de un pH de 3,15 fuertemente ácido y con un alto contenido de aluminio.

6.3.2 Modificación del sistema de riego:

Además en el plan piloto de restauración ecológico, las parcelas 1 y 2 tenían un sistema de riego constante, con agua proveniente de los tanques de almacenamiento de la mina, mientras que las parcelas 3 y 4 según las curvas de nivel les cae agua de escorrentía constante, no fue necesario instalarles este sistema, pero en el mes de abril el sistema de riego fue suspendido, debido a que se evidencio presencia de residuos de ACPM en el agua, porque el tanque de almacenamiento proporcionado por Emicauca, para el sistema de riego se encontraba contaminado.

7. RESULTADOS

7.1 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

En el área de estudio se registraron tanto en la valoración inicial, como después de los 8 meses de establecidas las parcelas, un total de 16 familias, 18 géneros y 18 especies, las familias más representativas fueron: Asteraceae y Poaceae cada una con dos géneros y dos especies, las familias Adoxaceae, Bromeliaceae, Cunoniaceae, Cyperaceae, Ericaceae, Loranthaceae, Melastomataceae, Phytolaccaceae, Pinaceae, Polygonaceae, Rosaceae, Salicaceae, Clethraceae y Solanaceae con 1 sola especie (Tabla 1)

Tabla 1. Composición florística de un área delimitada en la periferia de la mina de azufre El Vinagre, 8 meses después del establecimiento de las parcelas de restauración.

Familia	Especie	Hábito	N° de individuos
Adoxaceae	<i>Viburnum triphyllum</i>	Arbustivo	4
Asteraceae	<i>Ageratina glyptophlebia</i>	Arbustivo	8
	<i>Espeletia grandiflora</i>	Herbáceo	1
Bromeliaceae	<i>Puya clava - herculis</i>	Herbáceo	2
Clethraceae	<i>Clethra fimbriata</i>	Arbustivo	5
Cunoniaceae	<i>Weinmannia rollottii</i>	Arbustivo	10
Cyperaceae	<i>Carex pichinchensis</i>	Herbáceo	196
Ericaceae	<i>Pernettya prostrata</i>	Arbustivo	37
Loranthaceae	<i>Gaiadendron punctatum</i>	Arbustivo	3
Melastomataceae	<i>Tibouchina grossa</i>	Arbustivo	1
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca bogotensis</i>	Arbustivo	6
Pinaceae	<i>Pinus occidentalis</i>	Arbóreo	3
Poaceae	<i>Holcus lanatus</i>	Herbáceo	2
	<i>Calamagrostis effusa</i>	Herbáceo	7
Polygonaceae	<i>Rumex acetosella</i>	Herbáceo	19
Rosaceae	<i>Rubus acanthophyllos</i>	Arbustivo	6
Salicaceae	<i>Samyda dodecandra</i>	Arbustivo	1
Solanaceae	<i>Solanum tuberosum</i>	Herbáceo	2

La parcela 1 fue la que presento un mayor número de especies, con 14 especies, seguida de la parcela 4 con 8 especies, la parcela 3 con 7 especies y la parcela 2 con 5 especies. *Carex pichinchensis* y *Pernettya prostrata* se observaron en las 4

parcelas, mientras que *Phytolacca bogotensis*, *Pinus occidentalis*, *Rumex acetosella* y *Weinmannia rollottii* se observaron en 3 de las 4 parcelas, por otra parte *Calamagrostis effusa* y *Rubus acanthophyllos*, se observaron en 2 de las 4 parcelas mientras que *Viburnum triphyllum*, *Ageratina glyptophlebia*, *Espeletia grandiflora*, *Puya clava – herculis*, *Gaiadendron punctatum*, *Tibouchina grossa*, *Holcus lanatus*, *Samyda dodecandra*, *Clethra fimbriata* y *Solanum tuberosum* se observaron en 1 de las 4 parcelas (figura 3, anexo 3).

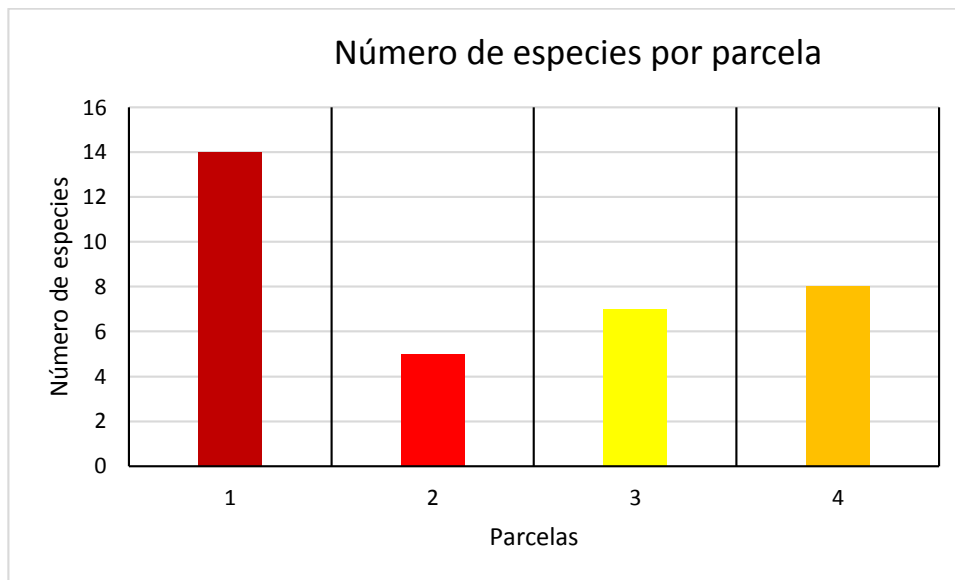


Figura 3 Número de especies por parcela: la parcela 1 cuenta con mayor número de especies ,14 en total mientras que la parcela 2 cuenta con el menor número de especies, 5 en total.

Las especies con mayor número de individuos fueron: *Carex pichinchensis* con 196 individuos y *Pernettya prostrata* con 37 y las especies con menos número fueron: *Espeletia grandiflora*, *Tibouchina grossa* y *Samyda dodecandra* con tan solo un ejemplar de cada especie (Figura 4).

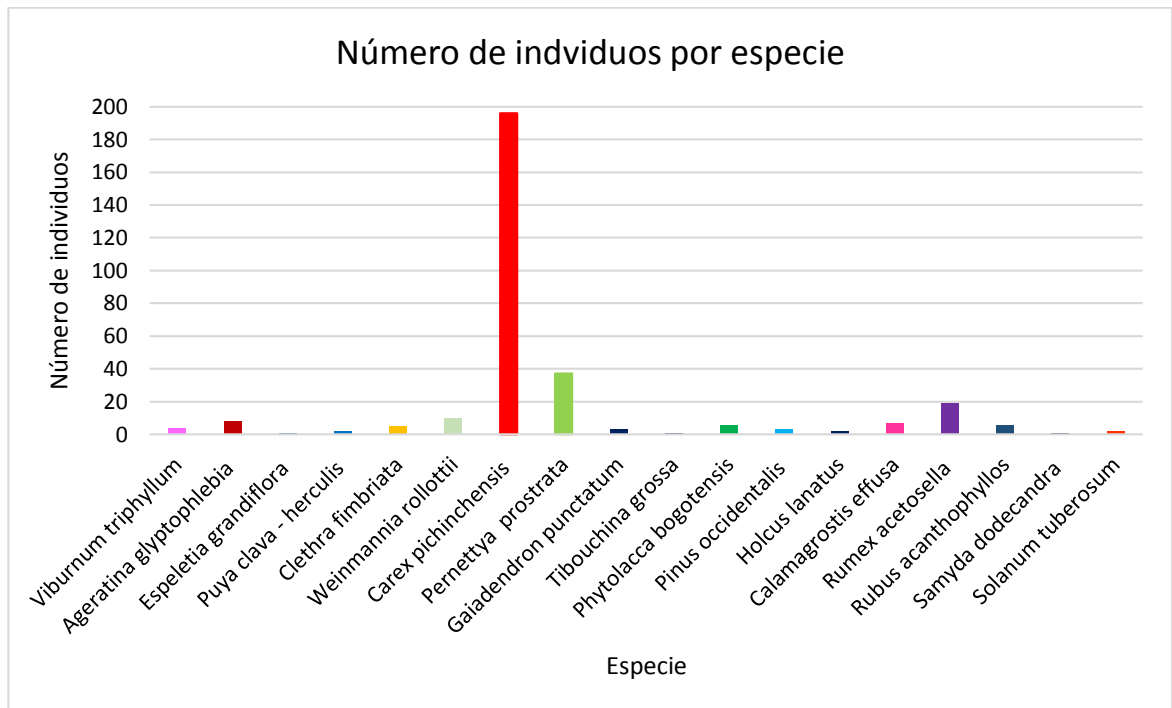


Figura 4 Número de individuos por especie.

7.2 EVALUACIÓN DEL ESTADO FENOLÓGICO DE LAS ESPECIES PRESENTES EN LAS PARCELAS.

En la valoración inicial de los individuos, el 46,4% se encontraban infértiles, el 28,7% en flor, el 23% en fruto y el 1,9% en botón, para el segundo registro, el estado infértil y fruto bajaron a 44,5 % y 21,4% respectivamente, mientras que el de flor aumento a 31,7% y botón también aumento a 2,2%, para la última valoración se encontró que: el 62,4% de los individuos se encontraba infértil, el 30,9% en fruto, el 4,4% en flor y el 2,2% en botón (Figura 5).

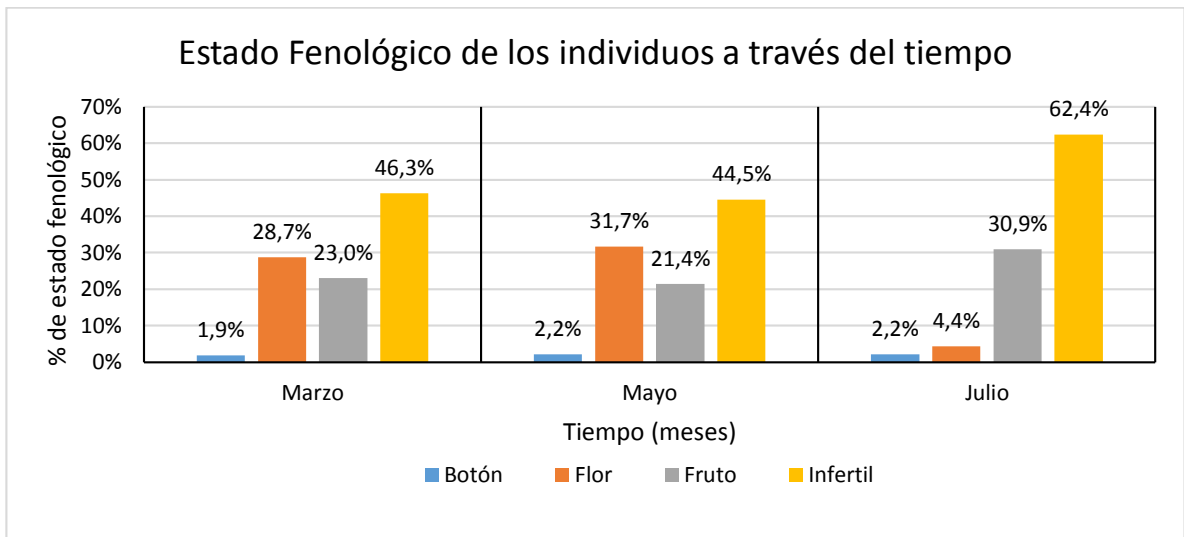


Figura 5. Porcentaje del estado fenológico de los individuos establecidos a través del tiempo (meses).

Las especies que se observaron en los cuatro estadios fueron: *R. acanthophyllos*, *C. pichinchensis*, *C. effusa* y *P. prostrata*, de las especies *T. grossa*, *S. tuberosum*, *P. clava – herculis* y *G. puntatum* se registró un solo estadio, mientras que de *S. dodecandra*, *P. occidentalis*, *H. lanatus*, *V. triphyllum*, *A. glyptophlebia* y *E. grandiflora* se registraron dos y de *P. bogotensis*, *R. acetosella*, *C. fimbriata*, *W. rollottii* se registraron tres (Figura 6 y 7).

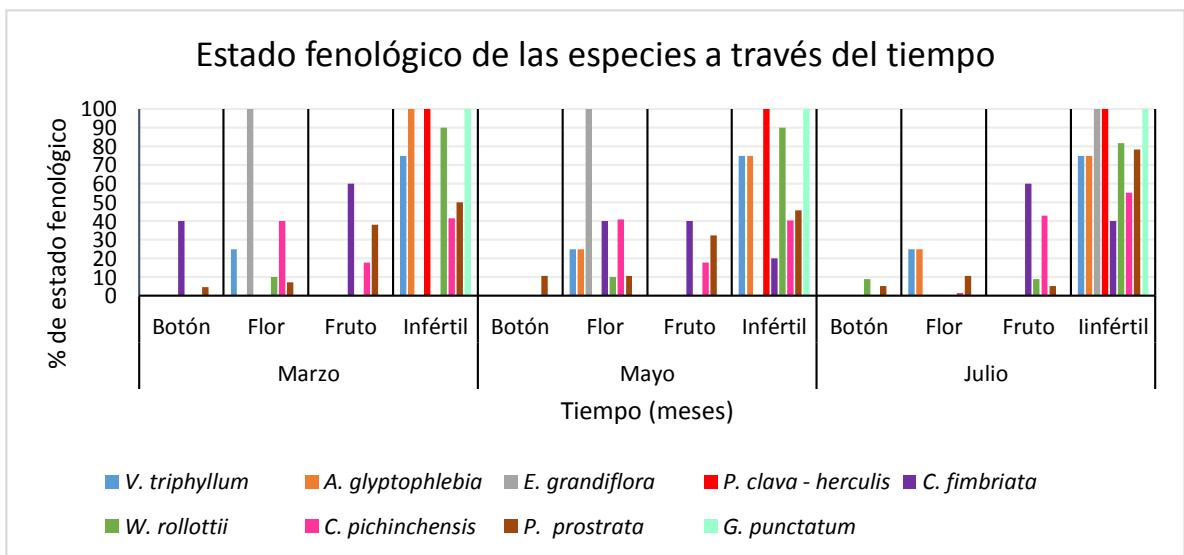


Figura 6. Porcentaje de estado fenológico de las especies a través del tiempo

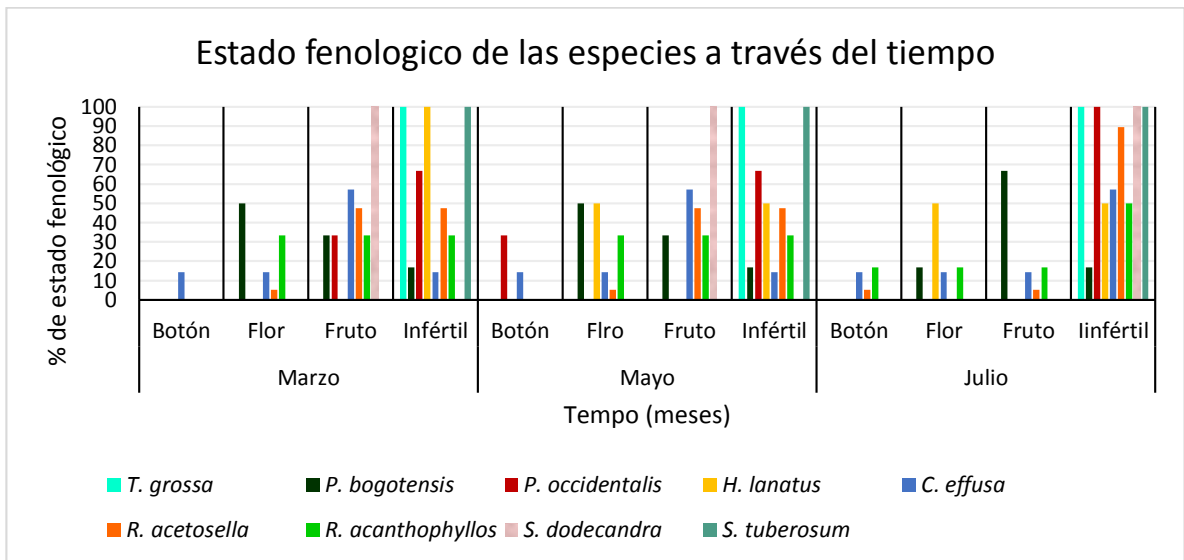


Figura 7. Porcentaje de estado fenológico de las especies a través del tiempo.

Los cuatro estadios de *C. pichinchensis* y *C. effusa* fueron observados en la parcela 4, donde paso de tener 1,3% de botón en el mes de marzo a 1,2% en mayo y nuevamente 1,3% en julio, 72,7% de flor en marzo que disminuyo a 1,3% en julio, aumento su estado de fruto de 24,7% a 33,8% en julio e infértil aumentó de 1,3% a 63,6% durante el monitoreo, *C. effusa* se mantuvo de marzo a mayo en 16,6% de botón, 16,6% flor, 50% fruto y 16,6% infértil, pero en julio disminuyo fruto a 16,6% y aumento infértil a 50%, *R. acanthophyllos* en la parcela 1, se encontró en flor e infértil con 33,3% y 66,7% respectivamente, entre marzo y mayo, mientras que para el mes de julio el porcentaje de infértiles bajo a 33,3% y este mismo porcentaje se registró tanto para botón como para flor, el estado de fruto se observó en la parcela 4 donde permaneció en 66,7% entre marzo y mayo, y finalmente en julio se redujo a 33,3%, *P. prostrata*, se observó en sus cuatro estadios en el mes de marzo en la parcela 1 con 35,7% en botón e infértil, 14,3% en flor y fruto, sin embargo para el mes de mayo fruto desapareció, infértil aumento a 71,4% y botón se redujo a 14,3% y finalmente en el mes de julio botón desapareció, infértil aumento a 85,7% y flor se mantuvo, *T. grossa*, estuvo, *S. tuberosum*, *P. clava – herculis* y *G. puntatum* estuvieron infértiles durante todo el monitoreo, *P. occidentalis* estuvo infértil en la parcela uno y en la parcela 3, pero en la parcela 2 en el mes de marzo estuvo 100%

en fruto, en mayo 100% en botón y en julio 100% infértil, *H. lanatus* en la parcela 1 inicialmente estaba 100% infértil pero en el mes de mayo disminuyó a 50% y flor aumento a 50%, se mantuvo así hasta el final del monitoreo *V. triphyllum* se mantuvo en 25% en flor y 75% infértil durante todo el monitoreo *A. glyptophlebia* estaba 100% infértil para el mes de marzo, pero en el mes de julio disminuyó a 75% y aumento flor a 25%, *E. grandiflora* durante los meses marzo y mayo estuvo en flor 100%, pero para julio esto cambio a 100% infértil, *S. dodecandra* paso de 100% fruto en los meses de marzo a mayo a 100% infértil en el mes de julio. (Anexos 4, 5, 6 y 7).

7.3 EVALUACIÓN DEL ESTADO FITOSANITARIO DE LAS ESPECIES PRESENTES EN LAS PARCELAS.

En la primera valoración no se encontró ningún individuo en estado malo o muerto, pero en el mes de mayo este había aumentado a 1,3% debido a la contaminación por ACPM y para el final del monitoreo disminuyó a 0,7% por la suspensión del sistema de riego y el enriquecimiento del suelo, el 17,1% de los individuos se encontró regular en el primer registro que aumento a 21,8% en el segundo muestreo y disminuyó a 21,5% para julio, el estado bueno en marzo fue de 82,9% y disminuyó a 77,8% para el final del monitoreo (figura 8).

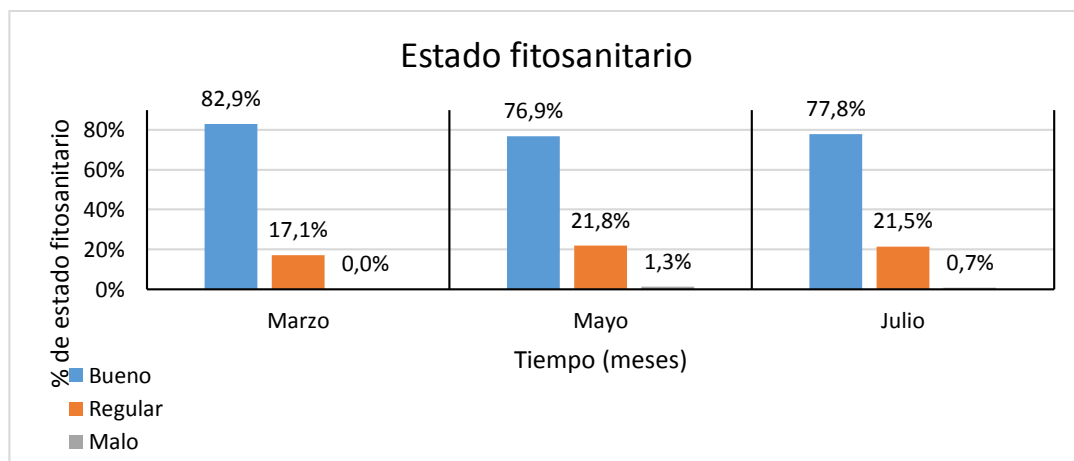


Figura 8 Representación gráfica del porcentaje del estado fitosanitario de los individuos establecidos a través del tiempo (meses).

Los individuos de *R. acanthophyllos*, *P. clava – herculis*, *V. triphyllum*, *P. occidentalis*, *S. tuberosum* y *S. dodecandra* permanecieron en buen estado durante todo el monitoreo, mientras que *C. pichinchensis*, *P. prostrata*, *C. fimbriata*, *G. puntatum*, *T. grossa*, *H. lanatus*, *C. effusa* y *R. acetosella* se encontraron entre bueno y regular durante el proceso y *A. glyptophlebia*, *E. grandiflora*, *W. rollottii* y de *P. bogotensis* se observaron en los tres estados (figuras 9 y 10).

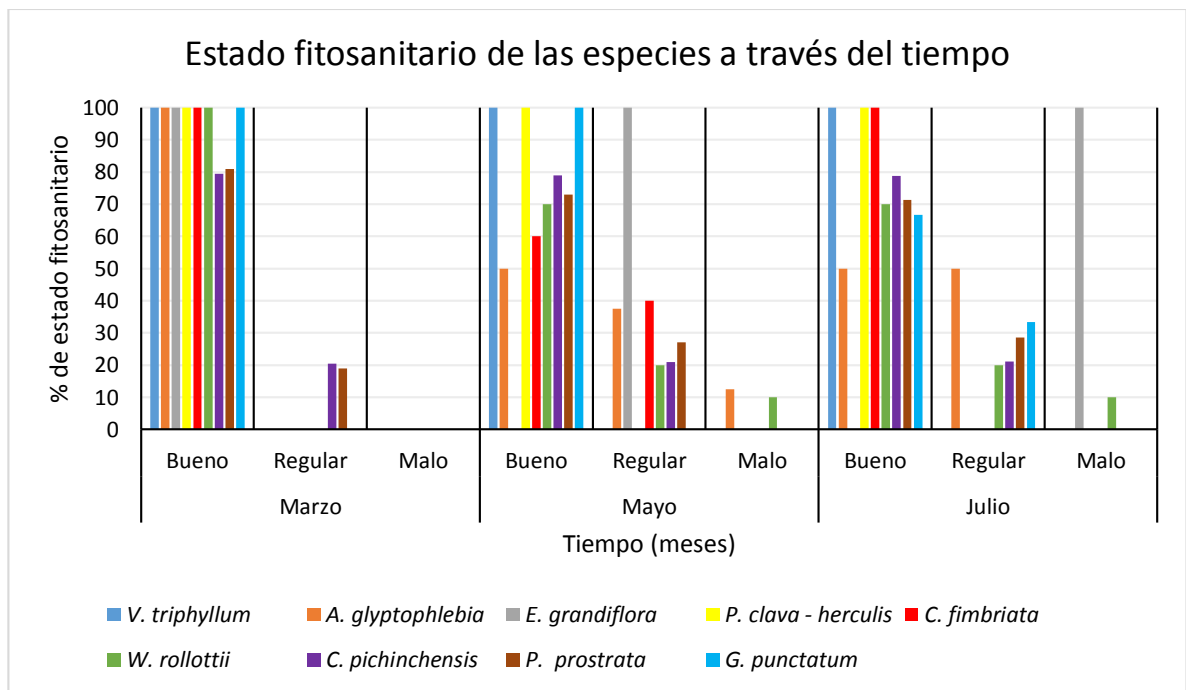


Figura 9. Porcentaje de estado fitosanitario de las especies a través del tiempo.

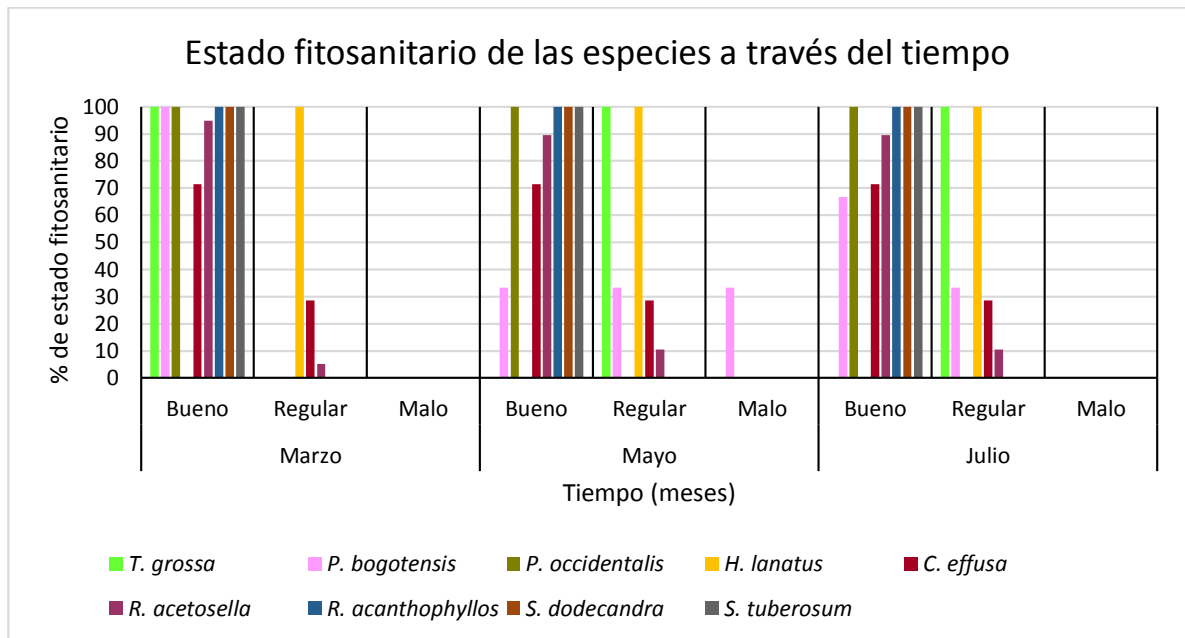


Figura 10. Porcentaje de estado fitosanitario de las especies a través del tiempo

Los individuos de *C. pichinchensis*, presentes en la parcela uno, que inicialmente se encontraban 50% buenos y regular, disminuyeron bueno a 47,4% y regular aumento a 52,6% para el mes de julio bueno aumento a 48,6% y regular disminuyo a 51,4%; por otra parte *P. prostrata* de la parcela uno, disminuyo de 100% a 85,7% y finalmente a 83,3% el estado bueno y el regular aumento de 0 a 14,3% y en julio a 16,7%, en la parcela dos se mantuvo en 100% bueno, en la parcela tres 54,5% bueno y 45,5% regular y en la parcela 4 en 72,7% bueno y 27,3% regular; *C. fimbriata*, en la parcela uno, en el mes de marzo se registró el 100% buenos, en el mes de mayo disminuyo a 60% bueno y regular aumento a 40% pero en julio nuevamente el 100% de sus individuos estuvieron en bueno. *G. puntatum*, entre marzo y mayo tenía el 100% de sus individuos en estado bueno pero para julio este disminuyo a 66,7% y regular aumento a 33,3%; *T. grossa* paso de bueno (100%) a regular (100%), *R. acetosella* en la parcela uno paso de tener 100% de sus individuos bueno a 50% bueno y 50% regular; *A. glyptophlebia* de la parcela uno paso de 100% bueno a 50% bueno, 37,5% regular y 12,5 malo pero para el final del

monitoreo malo desapareció y aumento regular a 50%; *E. grandiflora* presente en la parcela dos inicialmente estaba 100% bueno pero para el segundo registro paso a 100% regular y se mantuvo así hasta el final del monitoreo y *P. bogotensis* en la parcela uno inicialmente tenía el 100% de sus individuos en buen estado pero en el mes de marzo disminuyo a 50% y regular aumento a 50% pero en julio nuevamente el 100% de sus individuos se encontraron en bueno (Anexos 8, 9, 10 y 11).

7.4 EVALUACIÓN DE LA ALTURA Y COBERTURA DE LAS ESPECIES PRESENTES EN LAS PARCELAS.

7.4.1 Cobertura: las especies que aumentaron su cobertura fueron: *C. pichinchensis* de 73% a 73,2%, *P. prostrata* de 18,2% a 18,4%; *C. effusa* de 1,02% a 1,04%; *R. acetosella* de 1,01% a 1,05% y *P. occidentalis* de 0,77% a 0,78%; mientras que las demás la perdieron, *W. rollotti* paso de 0,59% a 0,57%; *P. bogotensis* de 1,6% a 1,5%; *R. acanthophyllos* de 1,17% a 1,16%; *C. fimbriata* de 0,3% a 0,2%; *Espeletia grandiflora* de 0,2% a 0,1% y *G. punctatum* que mantuvo su cobertura en 0,36% (figura 11)

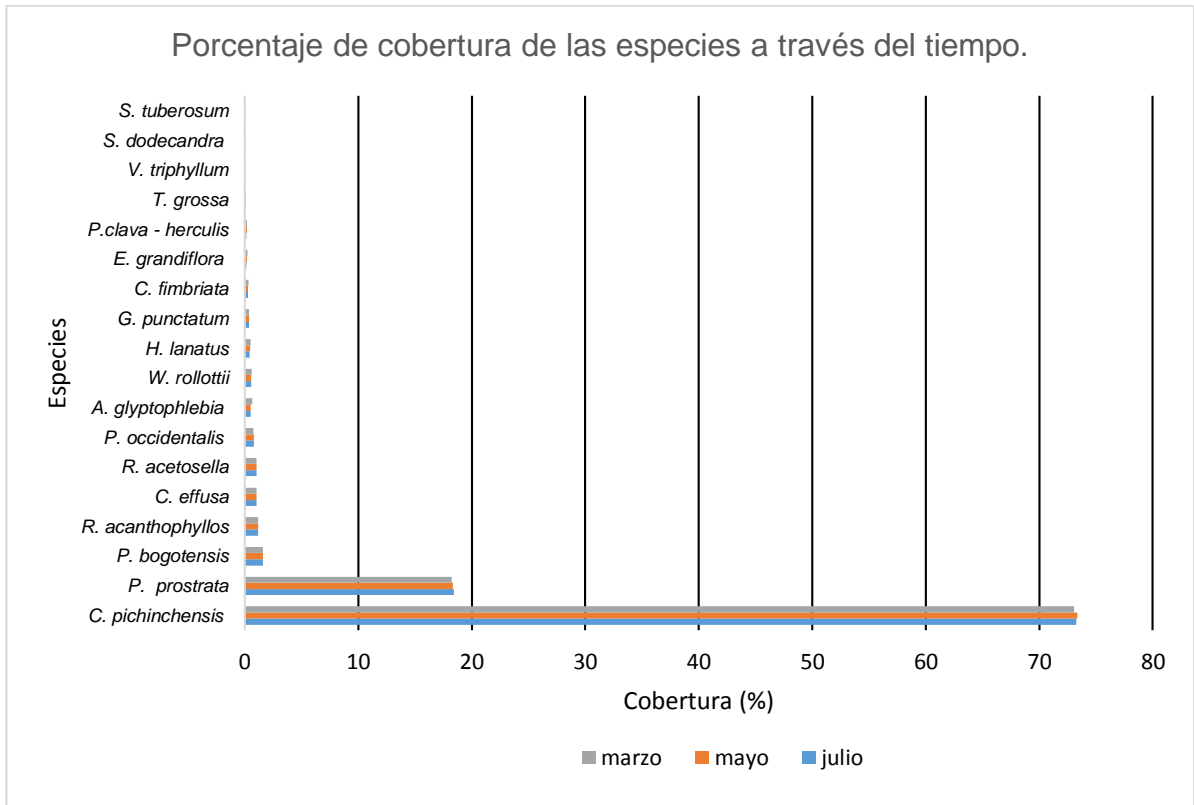


Figura 11. Representación gráfica del porcentaje del estado cobertura de los individuos establecidos en las parcelas de restauración ecológica.

Sin embargo *P. prostrata*, en la parcela uno y tres disminuyo su cobertura de 8,1% a 7,6% (parcela uno) y de 35,9% a 35,6% (parcela tres); en la parcela uno fue donde más porcentaje de cobertura gano *C. pichinchensis* paso de 75,4% a 76,9% (anexos 12, 13, 14 y 15).

7.4.2 Altura: En general se evidencia que los individuos no tuvieron cambios significativos en altura durante el monitoreo, en los meses de marzo a mayo no se registraron cambios en la altura para la mayoría de especies debido probablemente a la contaminación por ACPM, sin embargo, para el mes de julio, algunos individuos registraron aumento en su altura cuando se suspendió el riego y se abonó las parcelas.

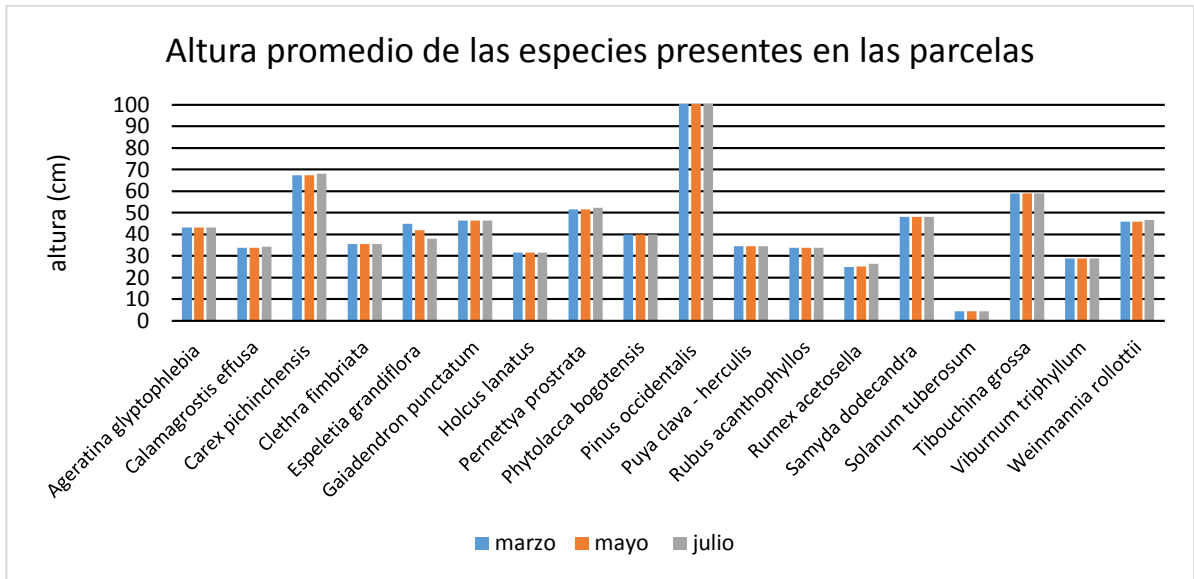


Figura 12. Representación gráfica de la altura en cm de los individuos establecidos en las parcelas de restauración ecológica a través del tiempo (meses).

Las especies que registraron mayor altura promedio fueron *P. occindetalis* con 118 cm que aumento a 118,7 cm, *C. pichinchensis* con 67 cm aumentando hasta 68 cm, *T. grossa* con 59 cm que se mantuvo, *P. prostrata* con 51,5 cm que aumento a 52,3 cm, *G. punctatum* con 46,3 cm que se mantuvo y *W. rollottii* con 45,8 cm que aumento a 46,5 cm (*E. grandiflora* perdió altura, pasando de: 45 cm a 42 y finalmente a 38 cm (figura 12).

Sin embargo las especies presentes en la parcela uno perdieron altura, *T. grossa* disminuyo su altura de 60 cm a 59 cm, *W. rollottii* paso de 35,5 cm entre marzo y mayo, a 33,8 cm, pero en julio la había recuperado había hasta 36,2 cm, *C. pichinchensis* paso de 58,3 cm a 57,2 cm, *A. glyptophlebia* paso de 43 cm a 41,6 cm, la única especie que gano altura en la parcela uno fue *R. acetosella* pasando de 23 cm a 26 cm, *P. bogotensis* en la parcela tres aumento su altura de 44 cm a 45 cm y *C. effusa* también aumento su altura en esta parcela pasando de 16 cm a 17 cm, en la parcela cuatro se registró aumento de altura para *C. pichinchensis* que paso de 59,8 cm a 60,5 cm, y *P. prostrata* pasando de 66,7 cm a 67,4 cm (Anexos 16, 17,18 y 19)

7.5 EVALUACIÓN DE LA RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE LAS PARCELAS.

La parcela 4 presento mayor abundancia de individuos (N=102), pero la mayor riqueza de especies corresponde a la parcela 1 (S=14), al comparar las 4 parcelas, la parcela 2 presenta mayor dominancia y la parcela 1 es la más equitativa según el índice de Simpson, datos que se pueden corroborar con el índice de Shannon (tabla 2).

Tabla 2. Índices de dominancia y diversidad encontrados en las parcelas de restauración ecológica.

Índices de diversidad	Parcela 1	Parcela 2	parcela 3	parcela 4
Taxa_S	14	5	7	8
Individuals	93	43	75	102
Simpson_1-D	0,7802	0,2531	0,6076	0,4135
Shannon_H	2,004	0,5775	1,224	0,9359
Margalef	2,868	1,063	1,39	1,514

Los valores de los índices de diversidad, muestran que en general las parcelas presentan una alta dominancia, sobre todo en la parcela 2 donde el índice de Simpson se acerca más a 0, el índice de Shannon lo confirma teniendo valores más cercanos a 0 en esta parcela, la especie dominante es *Carex pichinchensis* (Cyperaceae) presente en las 4 parcelas, sin embargo estos índices también nos muestra que la parcela 1 es la más diversa con valores de Simpson más cercanos a 1 y Shannon más alejados de 1.

7.6 ALTERNATIVAS PARA EL POTENCIAMIENTO DEL PROCESO DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA.

Producto del análisis de la información y con el propósito de ampliar y garantizar el establecimiento de nueva vegetación y el buen desarrollo de la que ya está presente en el área se dejan planteados los siguientes lineamientos alternativos:

7.6.1 Acciones mecánicas: en el caso particular de la zona minera, para disminuir la pendiente y estabilizar el terreno en la parte occidental (figura 13)

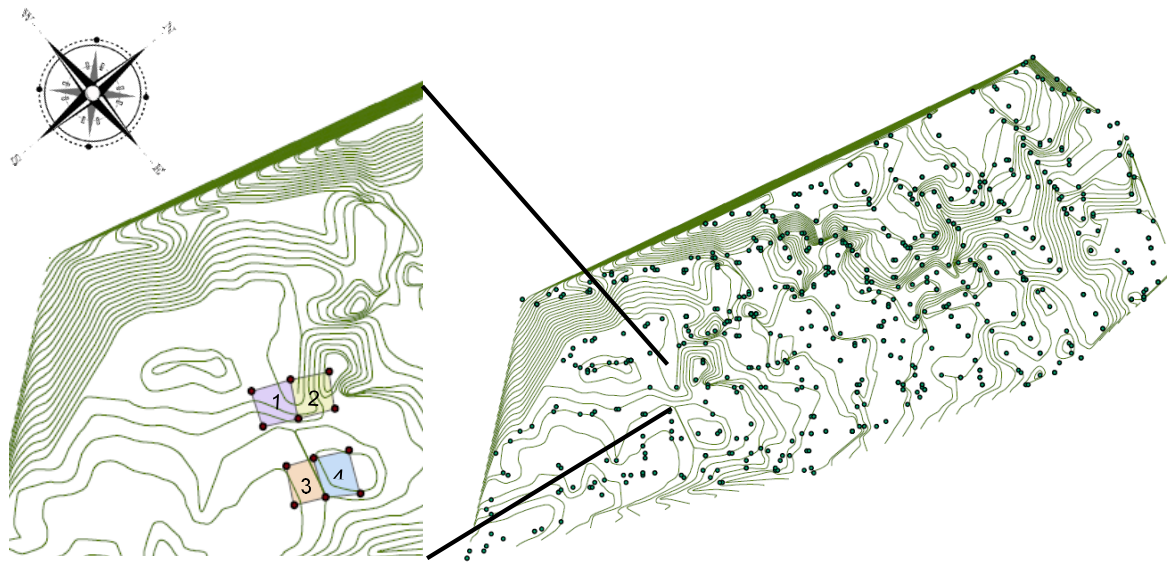


Figura 13. Levantamiento topográfico de la zona de estudio ubicada al oriente de la planta minera, Manquillo, E.

Para esto se propone: usar el método de empalizadas trenzadas con materiales orgánicos, colocando estacas de madera alrededor de la pendiente, con un diámetro aproximado de: 3 a 10 cm, con una altura de 1 metro y distancia de 1 metro entre ellas, a su vez entre las estacas largas, poner estacas más pequeñas o estaquillas con una distancia de 20 a 30 cm entre ellas, estas estacas se deben entrelazar con *Aliso (Alnus acuminata)*, sembrando 1 cada 3 metros y procurando que el ápice de sus raíces quede cubierto, se recomienda que esta siembra este enriquecida con

individuos de la especie *Carex pichinchensis* y *Pernettya prostrata* (Anexo 23), la disminución de la pendiente reducirá la erosión por gotas de lluvia, laminar y por el viento, evitando la degradación del suelo, mejorando la infiltración y reduciendo la escorrentía, permitiendo que se den condiciones para el establecimiento y desarrollo de la cobertura vegetal, además de mejorar las condiciones de los geo sistemas asociados (Díaz, 2011), los materiales orgánicos presentan mayor disponibilidad, mejor precio y por son más armoniosos con el ambiente, además los materiales sintéticos se ven fuertemente afectados por los cambios bruscos de temperaturas, fuerte irradiación solar y las lluvias constantes que generan una tensión muy alta causando un rápido desgaste mecánico (Díaz, 2011), la empalizada trenzada evita que se desarrollen fuerzas de compresión, tracción o deslizamiento (FAO ,1988), *Alnus acuminata* es una especie que está asociada a laderas con alto grado de inclinación, a suelos volcánicos con pH bajos y fuentes hídricas, está presente en bosques nublados con precipitaciones entre 1.000 a 3.000 mma, además es de fácil establecimiento, pues soporta un rango de temperatura entre 4°C y 27 °C, se establece y desarrolla bien en sitios perturbados y favorece el establecimiento de otras especies, dada su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico (Sánchez et al., 2009 ; Ospina et al., 2005). Como *Alnus acuminata* tiene raíces poco profundas, por lo tanto, enriquecer la siembra con *Carex pichinchensis* y *Pernettya prostrata* le darán mayor estabilidad al terreno, mejorando la compactación, ayudando a cubrir y proteger la superficie del impacto de: lluvias, granizo, corrientes de agua y viento, mejorando así las condiciones microclimáticas, debido a sus características morfológicas y fisiológicas.

7.6.2 Enriquecimiento de suelo: continuar con el uso de biofertilizantes, enriquecidos con microorganismos eficientes, capturados en la zona, pero sustituir el compost por la gallinaza, los biofertilizantes son de menor costo, más eficiente y genera menos contaminación, que los fertilizantes nitrogenados y a base de fosforo (Restrepo et al., 2017), además Díaz et al (2009) reporto que la gallinaza

enriquecida con EM genera basicidad residual, ayuda a neutralizar el pH ácido y también ayuda a potenciar el intercambio catiónico, la aplicación de gallinaza enriquecidos con EM favorece la fijación de calcio y magnesio tanto en plantas antiguas como en plantas nuevas para la fabricación de este abono, seguir con la metodología de Enríquez y Viera (2010).

7.6.3 Sistema de riego: Se propone ampliar el sistema de aspersion presente actualmente, con la sustitución del tanque de almacenamiento que se proporcionó por Emicauca por uno nuevo, con capacidad mínima de 500 litros con el cual pueden funcionar 3 aspersores más, el objetivo principal del sistema de riego es garantizar la disponibilidad de agua para la vegetación, sin embargo el diseño de este sistema afecta el rendimiento y los costos, pero para alcanzar el objetivo principal se requiere un proceso de optimización tanto del diseño como de la operación del sistemas (Holzapfel et al., 2009).

8 DISCUSIÓN

8.1 Composición florística:

Arrojo un registro de 16 familias, 18 géneros y 18 especies, las familias más representativas fueron: Asteraceae y Poaceae cada una con dos géneros y dos especies, lo cual concuerda con los resultados de Márquez, y colaboradores (2004) y con los de Izco y Devesa (2004) que sugieren que el éxito de estas familias se debe principalmente a sus mecanismos de dispersión anemócora favorecido por corrientes de aire; según Betancourt (2012) y Gentry (1993), estas familias son pioneras en procesos sucesionales y favorecen la maduración del suelo, además de que la información palinológica para Colombia, indican que la familia Poaceae es un elemento importante de la vegetación de paramo, también Arellano y Rangel (2008) presentan diferentes asociaciones comunes en paramo entre los géneros de estas familias como: *Calamagrostis* y *Espeletia*, para el caso tenemos las especies *C. efussa* y *E. grandiflora*; sin embargo la especies más abundantes y que se encontraron en las 4 parcelas fueron: *Carex pichinchensis* (Cyperaceae) y *Pernettya prostrata* (Ericaceae), que son especies comunes en las montañas andinas de Colombia la primera según Castellanos y Bonilla (2011) debe su éxito a que está asociada al viento, por lo tanto en etapas iniciales de restauración, debido a los flujos de aire en áreas abiertas y de borde, donde se genera mayor acumulación de semillas como resultado del efecto de barrera del límite arbóreo, que atrapa las semillas, esta especie asegura su establecimiento y colonización de áreas sucesionales, y como lo afirma Posada (2013) son de suma importancia para la dinámica de los procesos de sucesión y la segunda Chaves (2007) encontró que esta es una especie de sucesión secundaria inicial, estas especies están asociadas a *Calamagrostis* y en márgenes de quebradas (Minga et al., 2016); Rangel y Lozano (1986) indica que *C. efussa* es un elemento importante en el páramo de Puracé y en lugares donde la actividad antrópica ha cambiado las condiciones de suelo y el contenido de agua en el suelo ha disminuido, también *Phytolacca*

bogotensis, ha sido reportada en otras zonas con influencia minera, por Torres y Sarmiento (2009) en los yacimientos de caliza en Nobsa, Boyacá y por Agudelo (2010) en la arenera Juan rey de Bogotá, esta especie es nativa, presente en las etapas iniciales de la sucesión (Cantillo et al., 2008).

8.2 Estado Fenológico:

Se registró floración durante todo el tiempo de monitoreo, la especie de la familia Ericaceae (*P. Prostrata*) presento floración durante todo el monitoreo mientras que las especies *G. punctatum* y *T. grossa* no se observaron en flor debido a que son especies anuales que empieza su periodo de floración en julio y agosto respectivamente, lo que corresponde a lo hallado por Parada et al (2012). El menor porcentaje de floración se registró en el mes de julio (4,4%), que según el plan de manejo Parque Natural Puracé (2004) corresponde al segundo periodo seco a diferencia de los resultados obtenidos por Parada et al (2012) que reportó mayor floración para el mes de Julio, sin embargo, Lara y Cárdenas (2015) encontraron en un sector intervenido del páramo Chisacá que en la época lluviosa se registró mayor floración, lo que coincide con los datos encontrados en este estudio. Según Lara y Cárdenas (2015) esto se debe a que los suelos pobres y disturbados son un factor crítico en la etapa de floración, *E. grandiflora* tuvo su periodo de floración según lo reportado por Lara y Cárdenas (2015) y *P. bogotensis* fructificación continua que concuerda con Gutiérrez (2012), esto es importante debido a que como lo menciona Parada et al (2012) la floración y fructificación continua presenta una oferta del recurso para las diferentes aves e insectos.

8.3 Estado fitosanitario:

Los individuos durante el periodo de aclimatación permanecen en buen estado, que coincide con los resultados reportados por Acero y Cortés (2014), una vez superado este periodo durante los siguientes 65 días aumenta el porcentaje de individuos en estado regular, pero este porcentaje sigue siendo bajo con relación al estado bueno

y después de este periodo los individuos mejoran su estado fitosanitario, sin embargo en las parcelas uno y dos al final de monitoreo se registró mayor porcentaje de individuos en estado regular y malo; especies como *E. grandiflora* y *W. rollotti* se vieron más afectadas, debido a la presencia de ACPM en el agua de riego que afecta directamente el desarrollo de los individuos como lo afirma Bravo (2007), una vez suspendido el riego y realizado el enriquecimiento del suelo empezó a mejorar el estado fitosanitario de estos individuos lo que concuerda con Mendoza y colaboradores (1998), que concluyen que la fertilización de los suelos contrarresta los efectos del crudo y proporciona nutrientes a la vegetación.

8.4 Crecimiento en altura y cobertura:

El crecimiento en altura y cobertura no se evidenció, debido a que la medida se realizó en centímetros, que el instrumento no era el más adecuado y porque se dificulta la ubicación del instrumento por lo tanto se debió usar una medida y un instrumento más sensible y adecuado, lo que concuerda con Venegas (2011), además considerando que estamos en un ecosistema de paramo, donde la vegetación crece muy poco anualmente, es el crecimiento en altura cada vez menor cuando los individuos alcanzan la adultez, pues estos usan los recursos para aumentar la tasa de renovación de las hojas y formación de estructuras reproductivas (Rojas et al., 2013), la baja tasa de crecimiento, se debe principalmente, a la baja temperatura que conlleva al cambio en la fluidez de la membrana de las células, lo que dificulta el transporte de electrones y provoca bajas tasas de fotosíntesis y metabolismo de sacarosa y esto afecta la producción de biomasa, sumado a ello está la limitación de las raíces para tomar los nutrientes y a la cantidad de nutrientes disponible (Venegas, 2011), según el estudio de suelos realizado al final del establecimiento de las parcelas (anexo 2), el alto contenido de aluminio y la fuerte acidez, provocan la formación de sustancias insolubles fuera de la planta y dificultan la absorción de cationes, además la deficiencia de calcio, tiene influencia directa en el bajo desarrollo de las raíces, ya que el calcio integra la estructura membranosa de la raíz y afecta directamente al ápice, provocando poco

crecimiento de la raíz, inhibiendo la división celular (Marin y Lora, 1974), sin embargo especies como *E. grandiflora* y *W. rollotti* perdieron envergadura debido al cambio de estado fitosanitario y Venegas (2011) reporta que los individuos de *E. grandiflora* que tienen una altura menor a 60 cm son más susceptibles a las bajas temperaturas porque aún no tienen biomasa suficiente para su protección, mientras que *W. rollotti* al empezar a mejorar su estado fitosanitario aumenta su altura.

9 CONCLUSIONES

Las familias Asteraceae y Poaceae, son las primeras colonizadoras, pioneras en procesos succionales, su éxito está determinado, por el mecanismo de dispersión (anemócora), que se ve favorecido por las corrientes de aire presentes en paramos y por las áreas abiertas de zonas degradadas.

Las especies *Carex pichinchensis* y *Pernettya prostrata*, son propias de etapas iniciales de sucesión que también se ven favorecidas por las corrientes de aire y zonas de borde y porque son especies con floración continua, *Phytolacca bogotensis* es una especie nativa, que se encuentra presente en etapas iniciales de restauración en áreas mineras, esta especie es clave en la conectividad y sucesión de fragmentos, debido a su rápido establecimiento y gran producción de semillas.

Dentro de las parcelas no se registró presencia de insectos u otros animales, mientras que alrededor de estas, en áreas más aledañas a la zona de influencia minera si se registró presencia de estos, sin embargo, la floración y fructificación continua indica que el espacio está recuperando su funcionalidad debido a que ya presenta oferta del recurso alimenticio para aves e insectos.

Los derivados del petróleo, presentes en el riego afectaron el estado fitosanitario de los individuos en las parcelas uno y dos, pero la suspensión del riego y la fertilización de los suelos, contrarrestó los efectos de esa contaminación.

La evaluación de cambio en altura y cobertura de la vegetación de paramo, necesita escalas más sensibles y tiempos más largos de registro, que garanticen el registro de esta variable, debido a que esta no es evidente en tiempos cortos.

10 RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con el proceso de monitoreo e implementar la restauración en nuevas zonas dentro del área de concesión minera, hacer un estudio de la mecánica y resistencia del suelo, debido a que la actividad minera se realizó durante más de 50 años afectando la composición y estructura de suelo, dado el cierre de la empresa minera se sugiere integrar a la comunidad ex trabajadora de Emicauca dentro del proceso para que implementen la restauración ecológica como alternativa económica en la región, debido a que el páramo de Puracé es una región de alto interés turístico y ya existe un plan piloto de restauración y monitoreo además gestionar la vinculación de entes nacionales e internacionales interesados promover los procesos de restauración.

BIBLIOGRAFÍA

- Acero, A y Cortés, F. (2014). Propagación de especies nativas de la microcuenca del río La Vega, Tunja, Boyacá, con potencial para la restauración ecológica. *Revista Acad. Col. Cien.* 38(147):195-205 p.
- Agudelo, M. (2010). Evaluación del Estado Actual de la Vegetación en Parcelas Experimentales con Aplicación de Biosólidos en Diferente Proporción. Antigua Arenera Juan Rey - Bogotá D.C. Trabajo de pregrado en Biología. Facultad de Ciencias Básicas. Pontificia Universidad Javeriana. 53 p.
- Arellano-P, J. Rangel-CH., O. (2008). Patrones en la distribución de la vegetación en áreas de páramo de Colombia: heterogeneidad y dependencia espacial, *Revista Caldasia* 30(2): 355-411 p.
- Arboleda, E. (2013). Reflexiones sobre una infraestructura empresarial en crisis. El caso de Industrias Puracé S.A. en territorios del Cauca indígena. *Revista de Contaduría Universidad de Antioquia*, 62: 37-68.
- Barrera, J. y Valdés, C. (2011). Herramientas para abordar la restauración ecológica de áreas disturbadas en Colombia. *Universietyas Scientiarum* 12 (2), 11-24 p.
- Barrera, J. Contreras, S. Garzón, N y Moreno, A. (2010). Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del distrito capital. Colombia. Secretaría distrital de ambiente. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia. 402 p.
- Baptiste, B. (2015). La restauración y el monitoreo, 7 -8 p En: Aguilar-Garavito M. y W. Ramírez (2015). Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. 250 p.
- Betancurt, A. (2012). Caracterización de la vegetación presente en núcleos de vegetación establecidos como estrategia de restauración en el Parque

Forestal Embalse Del Neusa, Cundinamarca, Colombia. Trabajo de pregrado, Biología, Facultad de Ciencias, Pontificia Universidad Javeriana. 65 p.

- Bravo, E. (2007). Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad. 61 p.
- Corte Constitucional de Colombia. (2016). Normas sobre creación y ampliación de áreas de reserva estratégicas mineras. Sentencia C-035. 254 p
- Cano, I. Zamudio, N y Vargas, O. (2006). Recuperar lo nuestro, Una experiencia de Restauración Ecológica con Participación Comunitaria en predios del Embalse de Chisacá, Localidad de Usme, Bogotá, D.C. Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 126 p.
- Cantillo E, Lozada A y Pinzón J. (2009). Caracterización sucesional para la restauración de la reserva forestal Cárpatos, Guasca, Cundinamarca. *Revista Colombia Forestal* 12: 103-118.
- Cantillo E. Castiblanco, V. Pinilla, D y Alvarado C. (2008). Caracterización y valoración del potencial de regeneración del banco de semillas germinable de la reserva forestal Cárpatos (Guasca, Cundinamarca). *Revista Colombia Forestal: 11: 45 – 70 p.*
- Castellanos C., Bonilla A. (2011). Grupos funcionales de plantas con potencial uso para la restauración en bordes de avance de un bosque altoandino. *Revista Acta biologica Colombiana* 16, 153 - 174 p.
- Chaves, O. (2007) Retraso del enverdecimiento en las hojas nuevas de *Pernettya prostrata* (Ericaceae): posibles funciones adaptativas. *Revista pensamiento actual* Universidad de costa rica 7:8-9.
- CONIF. (2003). Restauración de Ecosistemas a partir del manejo de la vegetación. Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 95 p.
- Contraloría General de la Republica. (2012). Estado de los recursos naturales y el ambiente. Contraloría General de la Republica, Republica de Colombia, Bogotá D. C. 424 p

- Concejo Regional Indígena del Cauca (CRIC). (2007). Plan de vida Regional de los pueblos indígenas del Cauca. 369 p.
- Cubides, P y Ariza, A. (2015). Monitoreo a la restauración ecológica desde la escala del paisaje 51 -67 p En Aguilar-Garavito M. y W. Ramírez (2015). Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D.C., Colombia. 250 p
- Díaz, C. (2011) Alternativas para control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. *Revista Ingeniería e investigación: 30(3), 80-90 p.*
- Díaz, O, Montero, D y Lagos, J. (2009). Acción de microorganismos eficientes sobre la actividad de intercambio catiónico en plántulas de acacia (*Acacia melanoxylon*) para la recuperación de un suelo del municipio de madroñedo, Cundinamarca. *Revista Colombia forestal: 12, 141 – 160 p.*
- Enríquez, J y Viera, J (2010). Caracterización preliminar de aislamiento de microorganismos, mediante la técnica de E. M., a nivel de comunidades vegetales en dos zonas de vida ecológicamente diferentes. Tesis de grado de Ingeniería Agropecuaria, Facultad de Ingeniería mecánica y Ciencias de la producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador. 11p.
- FAO. (1988). Manual de ordenación de cuencas hidrográficas. Estabilización de laderas con tratamientos del suelo y la vegetación. 60 p.
- Galeano, M. (2012). Políticas ambientales de los indígenas Kokonucos del resguardo de Puracé, departamento del Cauca, desde 1974 hasta 2011: Una aproximación desde el enfoque interdisciplinario. Trabajo de grado de Maestría en Gestión Ambiental. Facultad de estudios ambientales y rurales. Pontificia Universidad Javeriana. 95 p.
- Gentry, A. H. 1993. Overview of Peruvian Flora. In Brako, L. & J. Zarucchi, Catalogue of Flowering Plants and Gymnosperms. Missouri Botanical Garden, *Mongraphs in Systematic Botany 45: 29-39 p.*

- Gutiérrez, N. (2012). Estado de la vegetación en núcleos de restauración utilizados para el restablecimiento del bosque altoandino de parque forestal embalse del Neusa, Cundinamarca, Colombia. Trabajo de pregrado de Ecología, facultad de estudios ambientales y rurales. Pontificia Universidad Javeriana. 90 p.
- Grupo de estudios en georrecursos, minerías y medio ambiente (2008) Plan de Manejo ambiental (PMA) para la unidad minera el Vinagre – Placa de ingeominas DDT – 091. 201 p.
- Gil, L. (2010). Evaluación de la vegetación en parcelas establecidas con diferente proporción de biosólidos en la cantera de Soratama ubicada en Bogotá D.C, Colombia. Tesis de pregrado de Biología, facultad de ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. 59 p.
- Holzapfel, E; Pannunzio, A; Lorite, I; Silva de Oliveira, A y Farkas, I. (2009). Diseño y manejo de sistemas de riego. *Revista chilena de investigaciones agropecuarias* 69, 17- 25 p.
- Izco, J y Devesa, J.A. (2004). Plantas con semillas, in: Botánica. McGraw-Hill - Interamericana de España, S.A.U., Aravaca, Madrid, 906 p.
- Lara, K y Cárdenas, J. (2015). Aspectos de la propagación sexual de *Espeletia grandiflora* en un sector intervenido del páramo de Chisacá. Tesis de Maestría en Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias Naturales e Ingeniería. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 119 p.
- Márquez, G. (2005). Transformación de ecosistemas y condiciones de vida en Colombia. Tesis doctoral en Ecología Tropical. Instituto de ciencias ambientales y ecológicas ICAE. Universidad de los Andes. Colombia. 189 p.
- Márquez, E. Fariñas, M. Briceño B. y Rada: (2004). Distribución de gramíneas a lo largo de un gradiente altitudinal en un páramo de Venezuela. *Revista Chilena de Historia Natural* 77: 649-660.
- Marin, G y Lora, R. (1974). Acidez y enclamiento de los suelos. *Boletín didáctico – Instituto Colombiano Agropecuario*. 25 p.

- Mendoza, R.; W. Mack C; E. Pagani; L. Marban y L. Ríos Merino. 1998. Efectos del derrame de petróleo en suelo sobre microflora degradadora de HC, la vegetación y algunas propiedades químicas del suelo. 3ras Jornadas de Preservación de agua, aire y suelo en la industria del petróleo y del gas del 14 al 17 de septiembre. Chubut, Argentina. 23 p.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible–MADS. 2015. Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. Ministerio de Ambiente y Desarrollo. Bogotá D.C.92p
- Minga, D., Ansaloni R., A. Verdugo y Ulloa Ulloa C. (2016). Flora del páramo del Cajas, Ecuador. Universidad del Azuay. Imprenta Don Bosco. Cuenca. 286 p.
- Murcia C y Ramírez, W. (2015) Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres, Capítulo 1 Estado del monitoreo de la restauración ecológica en Colombia, 18-26 p. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia.
- Ospina, C; Hernández, R; Gómez, D; Godoy, J; Aristizábal, F; Patiño, J y Medina, J. (2005). Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina de Colombia, El aliso o cerezo (*Alnus acuminata* H.B.K ssp *acuminata*). 37 p.
- Parada M, Alarcón D y Rosero L. (2012). Fenología de la floración de especies ornitófilas de estratos bajos en dos hábitats altoandinos del parque natural municipal Ranchería (Paipa-Boyacá-Colombia). Caldasia 34,139 - 154 p.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2004). Plan de manejo Parque Nacional Natural Puracé. Colombia. 224 p.
- Programa de las naciones unidas para el medio ambiente (2010) Avances y progresos científicos en nuestro cambiante medio ambiente (PNUMA).80 p.
- Posada,J. (2013). El papel de la dispersión de semillas en la regeneración de la vegetación de paramo en un paisaje fragmentado. Tesis de maestría en Ecología tropical, Facultad de ciencias. Universidad de los Andes. 159 p.

- Rangel O y Lozano G. (1986). Un perfil de vegetación entre La Plata (Huila) y el Volcán del Puracé. *Revista Caldasia* 14 (68-70), 503-547 p.
- Reyes, M. (2013). Importancia económica de la provisión y regulación hídrica de los parques nacionales naturales de Colombia para los sectores productivos del país. Colombia. Parques Nacionales de Colombia. 69 p.
- Restrepo, S; Pineda, E y Rios, L. (2017). Mecanismos de acción de hongos y bacterias empleados como biofertilizantes en suelos agrícolas: Una revisión sistemática. *Corpocica Ciencia y tecnología agropecuaria* 18(2), 335-351 p.
- Rojas, O. Cardenas, C. Insuasty, J. Vargas, O. (2013). Reubicación de plantas de *Espeletia grandiflora* (Asteraceae) como estrategia para el enriquecimiento de áreas de paramo alteradas (PNN Chingaza, Colombia). *Revista Biología Tropical*. 61 (1), 363-376 p.
- Sánchez, L; Saavedra, G; Criollo, P; Carvajal, T; Roa, J; Cuesta, A; Conde, A; Umaña, A; Bernal, L y Barreto, L. (2009). El aliso (*Alnus acuminata* H.B.K) como alternativa solvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano. Colombia. Corpoica. 56 p.
- Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International. 16 p.
- Torres, N y Sarmiento, Y (2009). Estudio de plantas vasculares en terrenos aledaños a los Yacimientos de caliza en Nobsa, Boyacá. Colombia. *Revista Luna azul*, 29, 37-53 p.
- Valencia, M y Figueroa, A. (2014). Vulnerabilidad de humedales altoandinos ante procesos de cambio: tendencias del análisis. Colombia. *Revista de Ingenierías de Medellín* 14(26), 29-42 p.
- Vargas Ríos, O. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. Colombia. *Revista Acta biológica Colombiana*, 16 (2), 221 – 246 p.

- Vargas Ríos, O. et al (2012) Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. 136 p.
- Varona G., Macias D. y Mamian L. (2007). Restauración Ecosistémica. 13 – 50 p. En: Macias et al. El Macizo Colombiano: Diversidad, Potencialidades y Conservación Vegetal. Universidad del Cauca.
- Venegas, S. (2011). Evaluación de la tasa de crecimiento de *Espeletia grandiflora* Humb. & Bonpl. En tres elevaciones en el Parque Nacional Natural Chingaza. Trabajo de grado de biología, facultad de ciencias. Pontificia Universidad Javeriana de Colombia. 27 p.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla de registro diseñada para los datos de las variables consideradas dentro del proceso de monitoreo.

Consecutivo	Codigo de individuo	Nombre científico	CAP1	CAP2	CAP3 +	Altura	Cobertura eje X	Cobertura eje Y	Fenología (Boton, Flor, Fruto, Infertil)	Estado fitosanitario (Bueno, Regural, Malo)	Hábito (a) árbol, (r) arbusto, (h) hierba

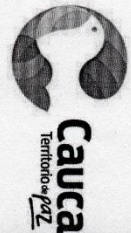
Anexo 2. Estudio de suelo

Nº Muestra		Codigo Lab.	Prof. (cm)	pH	N-total	M.O			P (ppm)	Sat Al (%)	AI	Ca	Mg	K	Na	CICE	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Co	DD	MM	AA		
						0-1000	1000-2000	2000-3000																			
1		43038	0.2	3.15	0.55	10.97	25.1	50.63	2.00	1.05	0.41	0.17	0.32	1.95	0.28	5.7	53.2	2.2	0.5								
						F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F			
RESULTADOS DEL ANALISIS																											
<p>CONSULTE AL AGRÓNOMO DE ASISTENCIA TÉCNICA PARA SELECCIONAR LOS FERTILIZANTES, METODOS Y EPOCAS DE APLICACION</p> <p>Interpretación de los resultados: A: Contenido "abundante" o alto más no excesivo. B: Contenido "suficiente" o adecuado. C: Contenido "moderado" o adecuado. D: Contenido "pobre" o deficiente. E: Valor muy alto "Excesivo" que puede ser perjudicial. F: Contenido ínfimo o "muy pobre".</p> <p>Para pH: A: Alcalino. B: Neutro. C: Ligero ácido. D: Moderadamente ácido. E: Fuertemente ácido. F: Muy ácido.</p> <p>Para M.O: A: Alto. M: Medio. B: Bajo.</p> <p>T = TRAZAS</p>																											
Nº Muestra		Cultivo																				TEXTURA:		EVIDENCIA DE CENIZAS VOLCANICAS:		RECOMENDACION	
1		Restauración de bosques																				T = TRAZAS				<p>El suelo que representa esta muestra indica que requiere de 2000kg/ha de Cal dolomítica, mas 300kg/ha de Roca fosfórica o Calfos con el fin de neutralizar el Aluminio presente, facilitar la disponibilidad de los nutrientes nativos o los agregados y mejorar la relación Ca/Mg, esta labor realizara 30 a 40 días antes de iniciar el plan de abonamiento y/o siembra.</p> <p>5 a 8 días antes de la siembra o trasplante suministrar por hueco: 1.0kg de abono orgánico bien tratado y desinfectado, mas 20g de Urea, 30 días después de la siembra agregar por planta 60g de abono completo 10-30-10. Repetir esta dosis cada 3 meses incrementándolo gradualmente hasta llegar a 120g/árbol, durante el primer año de vida del cultivo en una de las aplicaciones adicional 15g de Bórax.</p> <p>Cada 4 meses aplicar 80g de Urea por planta.</p> <p>Es recomendable durante este periodo de vida del cultivo realizar aspersiones foliares con soluciones a base de elementos menores. Si el cultivo durante el primer mes de vida requiere Nitrogeno aplicar aspersiones foliares con urea al 2%.</p> <p>Toda practica de abonamiento y/o siembra ejecutaria en epoca fresca o como mínimo en las ultimas horas de la tarde.</p> <p>Transcurrido un año del presente analisis realizar una nueva evaluación de la fertilidad del suelo para ajustar una nueva recomendación.</p>	
Cod. Lab		Restauración de bosques																				T = TRAZAS		RECOMENDACION			
43038		Restauración de bosques																				T = TRAZAS		RECOMENDACION			
<p>Métodos de Analisis</p> <p>Acidez Intercambi: KCl TN, M.O. Walkley & Black.</p> <p>P: Bray II.</p> <p>Ca, Mg, K y Na: ACO/NH4 NH4PT7</p> <p>Cu, Fe, Zn, Mn: Doble Acido.</p> <p>B: Absorcion Atomica y/o Azomilfin.</p>																											
<p>Analistas: Ricardo Bonilla - Viviana Muñoz</p> <p>Elaboró: Henry Sánchez</p> <p>Revisó: Ing. Hernando Sanchez Escobar</p>																											
<p>Carretera 6 calle ZZN Obras Publicas Departamentales. Tel: Laboratorio (2)8237893 Teletax SADR (2)8231043</p> <p>E-mail: labueloscauca@hotmail.com</p>																											
<p>Consulte con su Ing. Agrónomo Asesor.</p>																											
<p><i>[Firma]</i></p> <p>Vo Bo</p>																											



Nombre: Edinson Arnol Manquillo Quira
Finca: Mirna El Vinagre
Tel / Fax:
Vereda: Campamento
Municipio: Puracé
Dpto: 10. Cauca

Fecha entrada : 14 12 2017
Fecha salida : 18 1 2018
Material : Suelo
Tipo de análisis : COMPLETO



Anexo 3 Número de especies por parcela

Especie	Parcelas			
	1	2	3	4
<i>Viburnum triphyllum</i>	*			
<i>Ageratina glyptophlebia</i>	*			
<i>Espeletia grandiflora</i>		*		
<i>Puya clava - herculis</i>	*			
<i>Clethra fimbriata</i>	*			
<i>Weinmannia rollottii</i>	*		*	*
<i>Carex pichinchensis</i>	*	*	*	*
<i>Pernettya prostrata</i>	*	*	*	*
<i>Gaiadendron punctatum</i>		*		
<i>Tibouchina grossa</i>	*			
<i>Phytolacca bogotensis</i>	*		*	*
<i>Pinus occidentalis</i>	*	*	*	
<i>Holcus lanatus</i>	*			
<i>Calamagrostis effusa</i>			*	*
<i>Rumex acetosella</i>	*		*	*
<i>Rubus acanthophyllos</i>				*
<i>Samyda dodecandra</i>				*
<i>Solanum tuberosum</i>	*			

Anexo 4 Porcentaje del estado fenológico de las especies presentes en la parcela 1 a través del tiempo.

Especie	Marzo				Mayo				Julio			
<i>Ageratina glyptophlebia</i>				100%		25%		75%		25%		75%
<i>Carex pichinchensis</i>				100%		5,3%		94,7%		5,1%		94,9%
<i>Cletra fimbriata</i>	28,6%	42,8%		28,6%			60%	40%			60%	40%
<i>Holcus lanatus</i>				100%		50%		50%		50%		50%
<i>Pernettya prostrata</i>	35,7%	14,3%	14,3%	35,7%	14,3%	14,3%		71,4%		14,3%		85,7%
<i>Phytolacca bogotensis</i>		25%	50%	25%		25%	50%	25%		25%	50%	25%
<i>Pinus occidentalis</i>				100%				100%				100%
<i>Puya clava - herculis</i>				100%				100%				100%
<i>Rubus acanthophyllos</i>		33,3%		66,7%		33,3%		66,7%	33,3%	33,3%		33,3%
<i>Rumex acetosella</i>				100%				100%				100%
<i>Solanum tuberosum</i>				100%				100%				100%
<i>Tibouchina grossa</i>				100%				100%				100%
<i>Viburnum triphyllum</i>		25%		75%		25%		75%		25%		75%
<i>Weinmannia rollottii</i>				100%				100%				100%
Boton												
Flor												
Fruto												
Infertil												

Anexo 5 Porcentaje de estado fenológico de los individuos presentes en la parcela 2 a través del tiempo.

Especie	Marzo				Mayo				Julio			
<i>Carex pichinchensis</i>				100%				100%				100%
<i>Espeletia grandiflora</i>		100%				100%						100%
<i>Gaiadendron punctatum</i>				100%				100%				100%
<i>Pernettya prostrata</i>			100%			100%					100%	
<i>Pinus occidentalis</i>			100%		100%							100%
Boton												
Flor												
Fruto												
Infertil												

Anexo 6 Porcentaje de estado fenológico de los individuos presentes en la parcela 3 a través del tiempo.

Especie	Marzo				Mayo				Julio			
<i>Calamagrostis effusa</i>			100%				100%					100%
<i>Carex pichinchensis</i>	51,2%	37,2%	11,6%		51,2%	37,2%	11,6%				65,1%	34,9%
<i>Pernettya prostrata</i>	9,1%	45,4%	45,4%		9,1%	45,4%	45,4%				9,1%	90,9%
<i>Phytolacca bogotensis</i>	100%				100%				100%			
<i>Pinus occidentalis</i>			100%				100%					100%
<i>Rumex acetosella</i>		60%	40%			60%	40%					100%
<i>Weinmannia rollottii</i>	33,3%		66,6%		33,3%		66,6%				33,3%	66,6%
Boton												
Flor												
Fruto												
Infertil												

Anexo 7 Porcentaje de estado fenológico de los individuos presentes en la parcela 4 a través del tiempo.

Especie	Marzo				Mayo				Julio			
<i>Calamagrostis effusa</i>	16,6%	16,6%	50%	16,6%	16,6%	16,6%	50%	16,6%	16,6%	16,6%	16,6%	50%
<i>Carex pichinchensis</i>	1,3%	72,7%	24,7%	1,3%	1,2%	70,5%	26,9%	1,2%	1,3%	1,3%	33,8%	63,6%
<i>Pernettya prostrata</i>	18,2%		63,6%	18,2%	18,1%		63,5%	18,1%	18,2%	18,2%		63,6%
<i>Phytolacca bogotensis</i>		100%				100%						100%
<i>Rubus acanthophyllos</i>		33,3%	66,7%			33,3%	66,7%				33,3%	63,7%
<i>Rumex acetosella</i>		50%		50%		50%		50%	50%		50%	
<i>Samyda dodecandra</i>			100%				100%					100%
<i>Weinmannia rollottii</i>				100%				100%	50%			50%
Boton												
Flor												
Fruto												
Infertil												

Anexo 8 Porcentaje de estado fitosanitario de los individuos presentes en la parcela 1 a través del tiempo.

Especie	Parcela 1								
	Marzo			Mayo			Julio		
	%B	%R	%M	%B	%R	%M	%B	%R	%M
<i>Viburnum triphyllum</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0
<i>Ageratina glyptophlebia</i>	100	0	0	50	37,5	12,5	50	50	0
<i>Puya clava - herculis</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0
<i>Clethra fimbriata</i>	100	0	0	60	40	0	100	0	0
<i>Weinmannia rollottii</i>	100	0	0	50	33,3	16,7	50,0	33,3	16,7
<i>Carex pichinchensis</i>	50	50	0	47,4	52,6	0,0	48,6	51,4	0
<i>Pernettya prostrata</i>	100	0	0	85,7	14,3	0,0	83,3	16,7	0
<i>Tibouchina grossa</i>	100	0	0	0	100	0	0	100	0
<i>Phytolacca bogotensis</i>	100	0	0	0	50	50	0	100	0
<i>Pinus occidentalis</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0
<i>Holcus lanatus</i>	0	100	0	0	100	0	0	100	0
<i>Rumex acetosella</i>	100	0	0	50	50	0	50	50	0
<i>Rubus acanthophyllos</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0
<i>Solanum tuberosum</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0
Bueno									
Regular									
Malo									

Anexo 9 Porcentaje de estado fitosanitario de los individuos presentes en la parcela 2 a través del tiempo.

Especie	Parcela 2								
	Marzo			Mayo			Julio		
	%B	%R	%M	%B	%R	%M	%B	%R	%M
<i>Espeletia grandiflora</i>	100	0	0	0	100	0	0	0	100
<i>Carex pichinchensis</i>	94,6	5,4	0	94,6	5,4	0	91,9	8,1	0
<i>Pernettya prostrata</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0
<i>Gaiadendron punctatum</i>	100	0	0	100	0	0	66,7	33,3	0
<i>Pinus occidentalis</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0
Bueno									
Regular									
Malo									

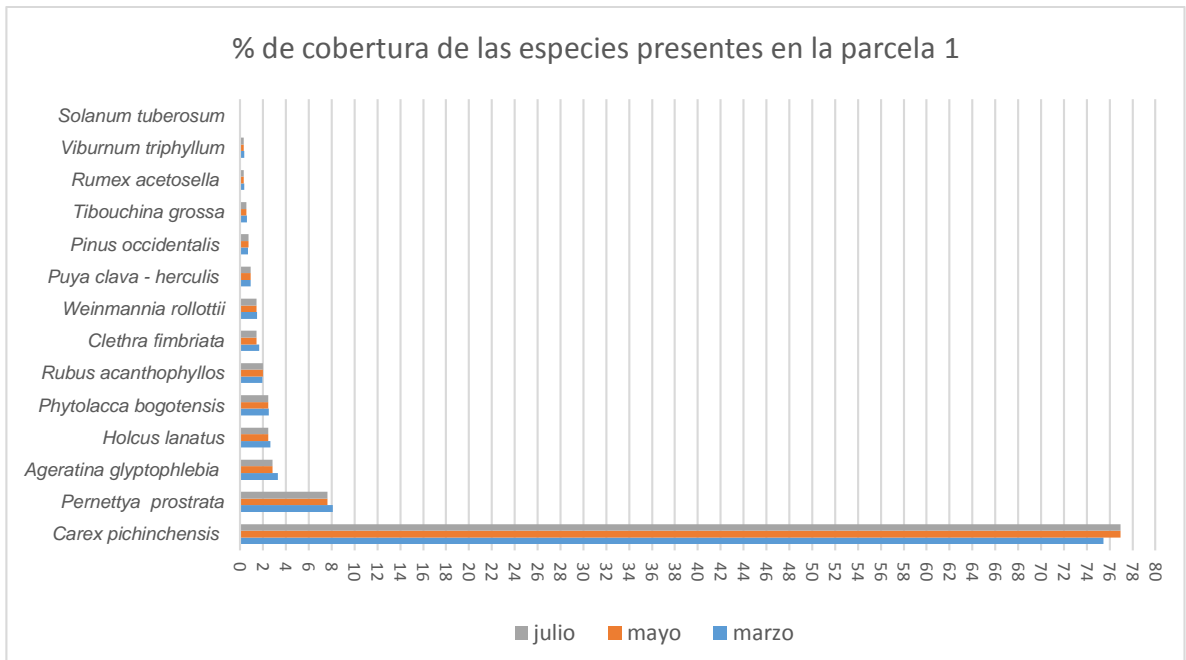
Anexo 10 Porcentaje de estado fitosanitario de los individuos presentes en la parcela 3 a través del tiempo.

Especie	Parcela 3								
	Marzo			Mayo			Julio		
	%B	%R	%M	%B	%R	%M	%B	%R	%M
<i>Weinmannia rollottii</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0
<i>Carex pichinchensis</i>	93,0	7,0	0	93,0	7,0	0	93,0	7,0	0
<i>Pernettya prostrata</i>	54,5	45,5	0	54,5	45,5	0	54,5	45,5	0
<i>Phytolacca bogotensis</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0
<i>Pinus occidentalis</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0
<i>Calamagrostis effusa</i>	0	100	0	0	100	0	0	100	0
<i>Rumex acetosella</i>	93,3	6,7	0	93,3	6,7	0	93,3	6,7	0
Bueno									
Regular									
Malo									

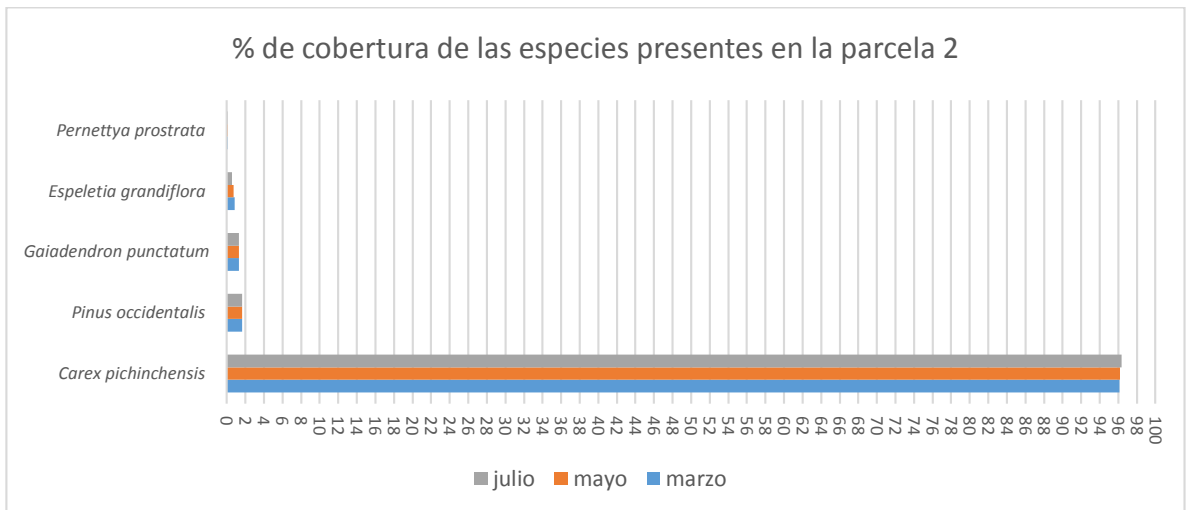
Anexo 11 Porcentaje de estado fitosanitario de los individuos presentes en la parcela 4 a través del tiempo.

Especie	Parcela 4								
	Marzo			Mayo			Julio		
	%B	%R	%M	%B	%R	%M	%B	%R	%M
<i>Weinmannia rollottii</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0
<i>Carex pichinchensis</i>	79,2	20,8	0	79,2	20,8	0	79,2	20,8	0
<i>Pernettya prostrata</i>	72,7	27,3	0	72,7	27,3	0	72,7	27,3	0
<i>Phytolacca bogotensis</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0
<i>Calamagrostis effusa</i>	83,3	16,7	0	83,3	16,7	0	83,3	16,7	0
<i>Rumex acetosella</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0
<i>Rubus acanthophyllos</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0
<i>Samyda dodecandra</i>	100	0	0	100	0	0	100	0	0
Bueno									
Regular									
Malo									

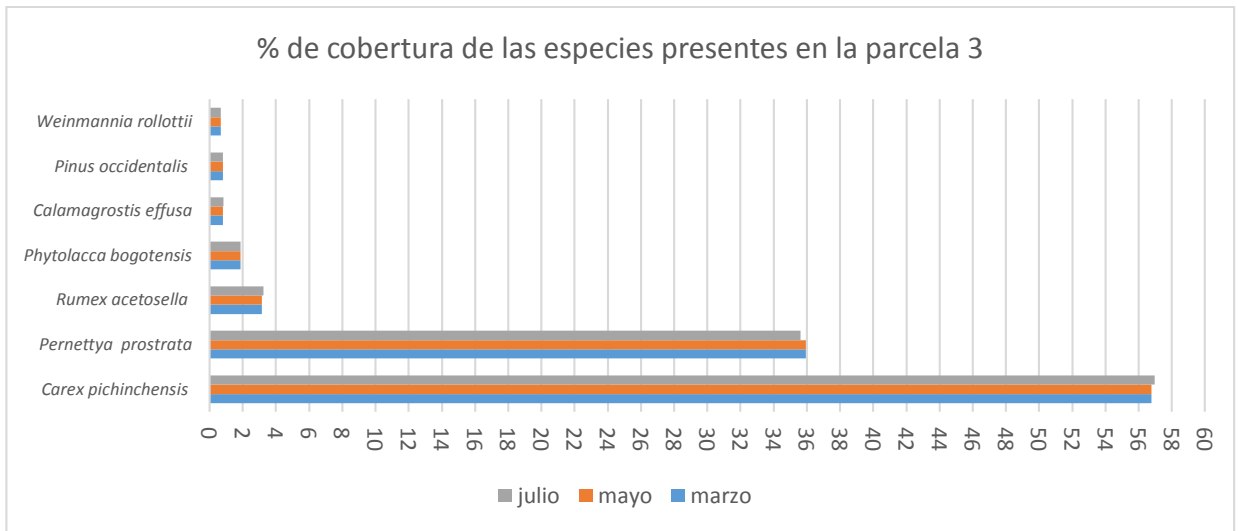
Anexo 12 Porcentaje de cobertura de los individuos presentes en la parcela 1 a través del tiempo.



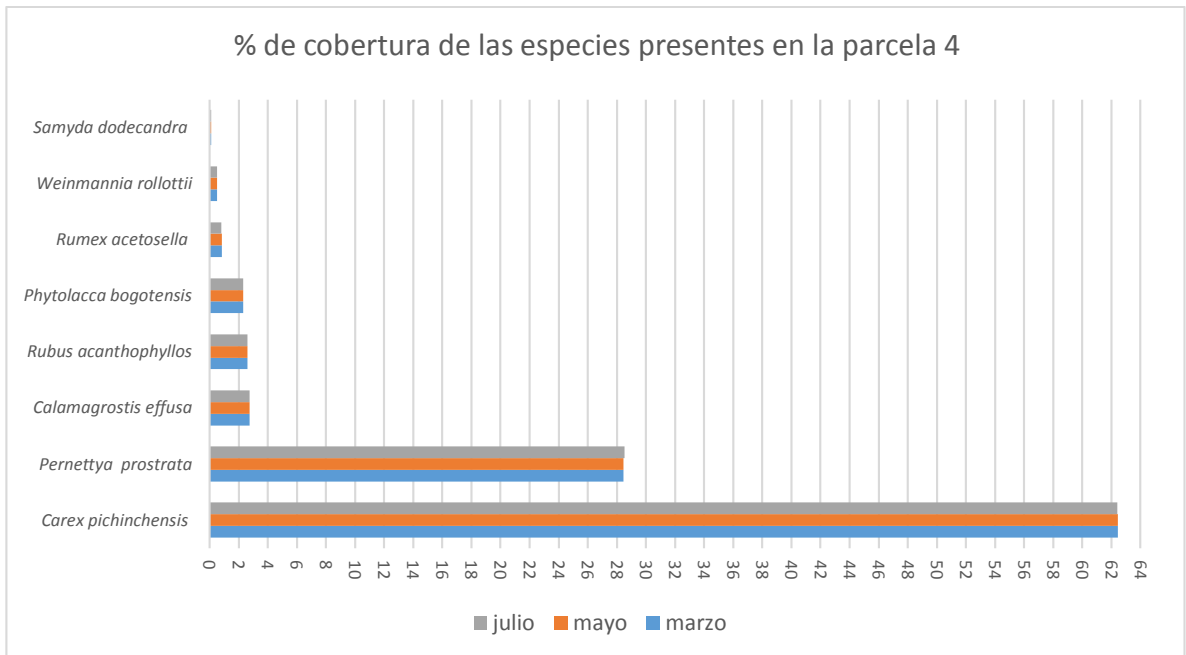
Anexo 13 Porcentaje de cobertura de los individuos presentes en la parcela 2 a través del tiempo.



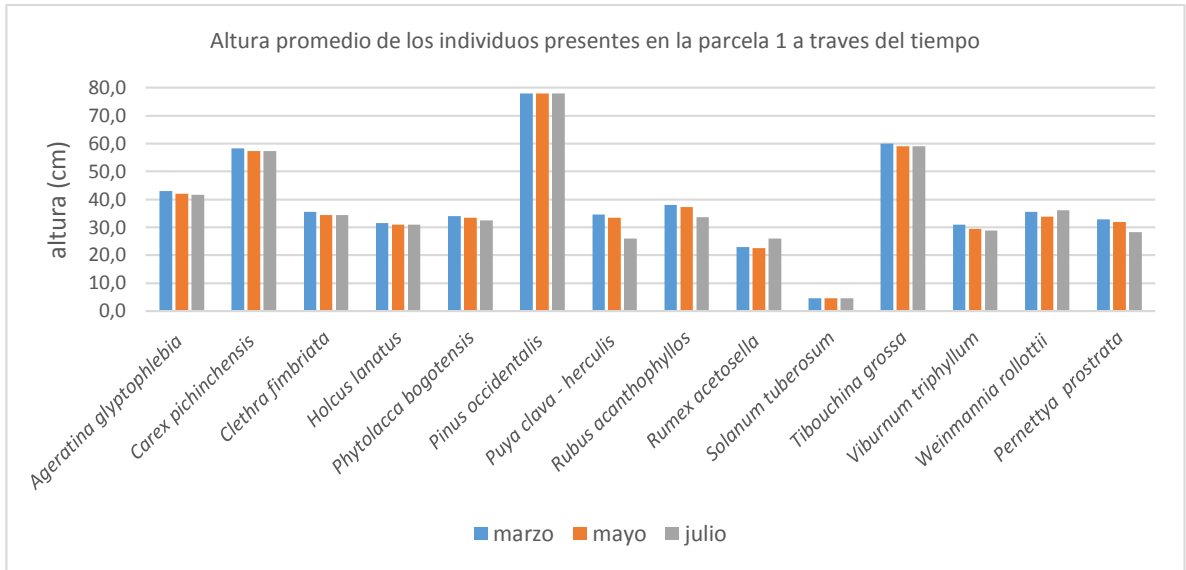
Anexo 14 Porcentaje de cobertura de los individuos presentes en la parcela 3 a través del tiempo.



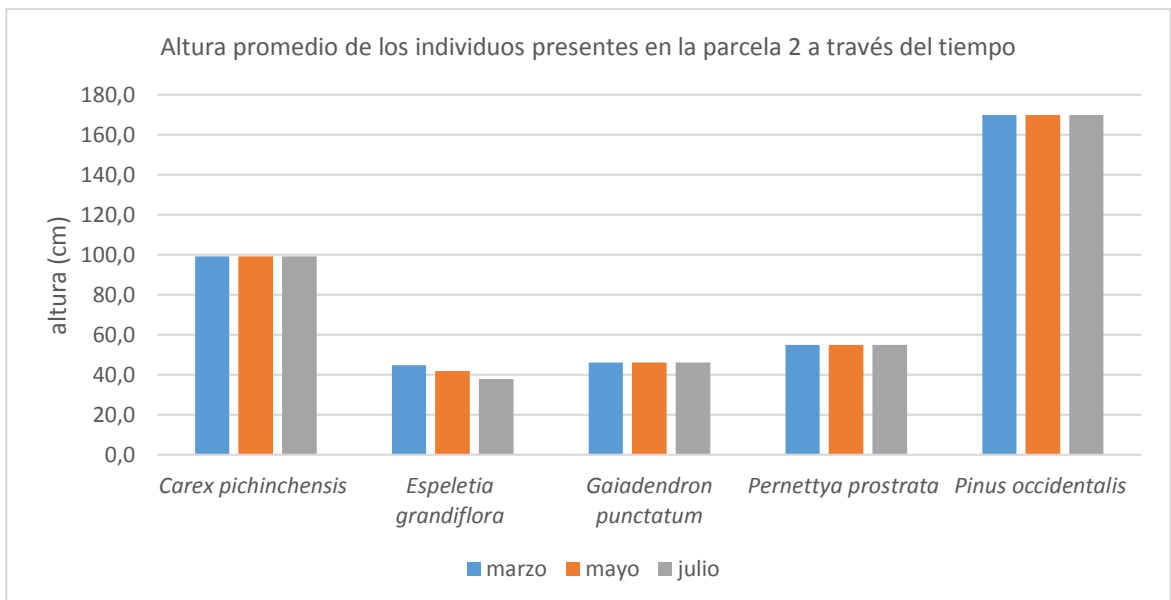
Anexo 15 Porcentaje de cobertura de los individuos presentes en la parcela 4 a través del tiempo.



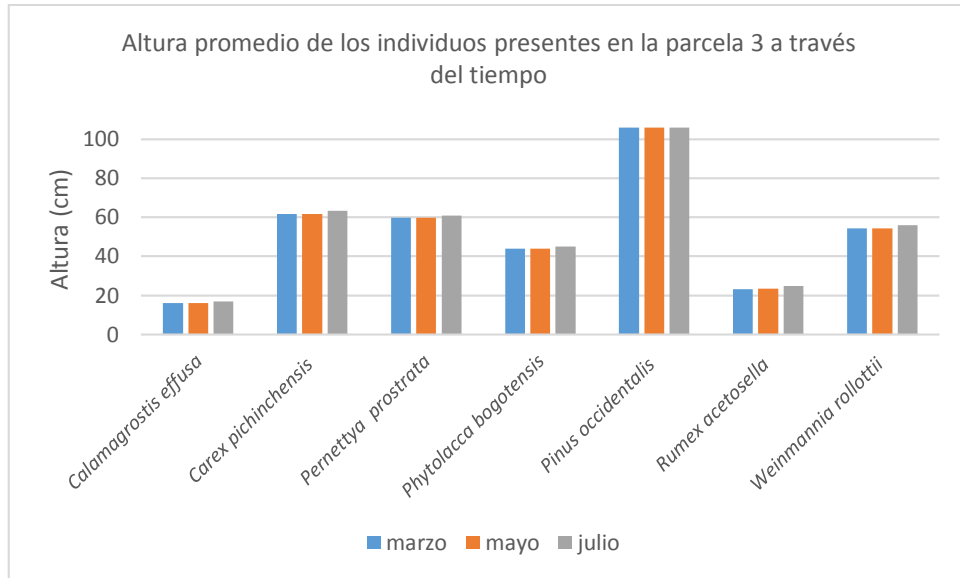
Anexo 16 Altura promedio de los individuos presentes en la parcela 1 a través del tiempo



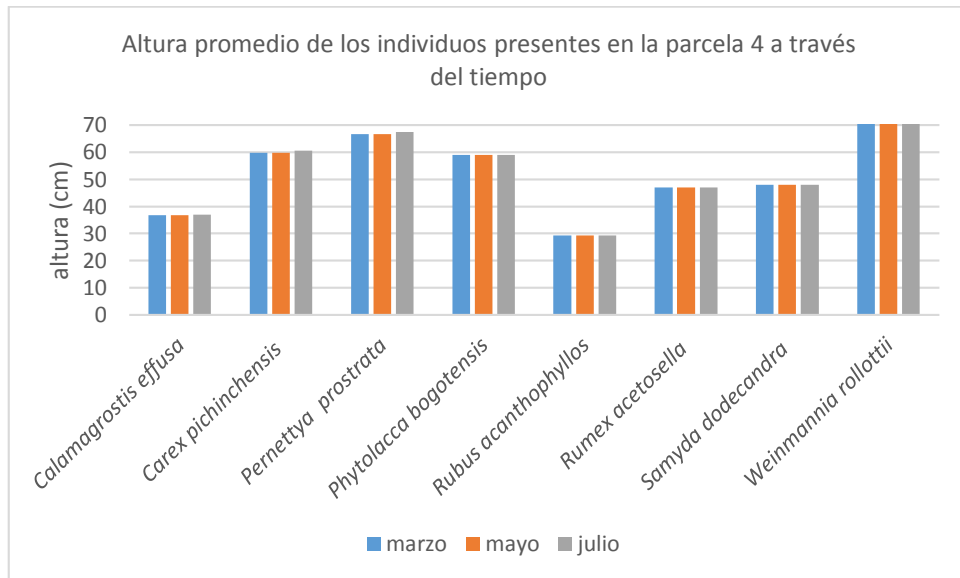
Anexo 17 Altura promedio de los individuos presentes en la parcela 2 a través del tiempo.



Anexo 18 Altura promedio de los individuos presentes en la parcela 3 a través del tiempo



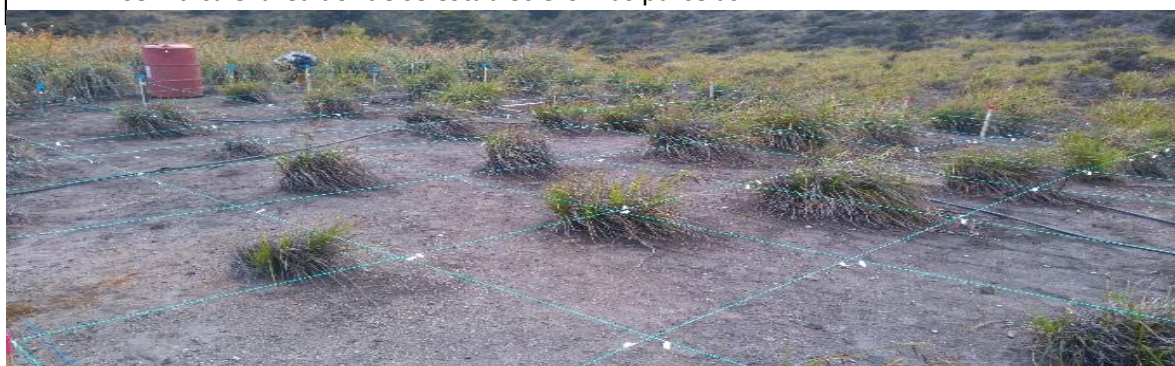
Anexo 19 Altura promedio de los individuos presentes en la parcela 4 a través del tiempo



Anexo 20 Área experimental, durante el proceso de establecimiento y monitoreo.



- a) Área de la periferia de la mina de azufre el Vinagre antes de establecer las parcelas experimentales, se observa que el área contaba con poca vegetación, con la flecha roja se indica el área donde se establecieron las parcelas.



- b) En esta imagen se observa, la parcela 1 delimitada y con alguna vegetación establecida.



- c) Parcela 1 con vegetación establecida.

Anexo 21 Etiquetado de las plantas para su identificación, la letra indica la columna y el número la fila, el número entre paréntesis indica cuantos individuos de esa especie hay en el mismo cuadrante



Anexo 22 Participación del personal de la planta minera en el reconocimiento del área



Anexo 23 Pendiente de la parte occidental del área experimental



En la fotografía (a) se muestra la pendiente del área de estudio, vista desde la parte alta de la planta minera, con la flecha roja se indica la pendiente.

En la fotografía (b) se mira una panorámica del sector occidental del área de estudio, con la flecha roja se indica la pendiente.

Está pendiente forma parte de la riberia del río vinagre



Anexo 24 Panorámica de la planta minera donde (a) es un silo de almacenamiento, (b) correa de máquina trituradora, (c) zona de caldera y enclave, (d) área de empaque, (e) oficinas, (f) campamento y (g) área de restauración.



Anexo 25 Especies presentes en las parcelas experimentales.



Pernettya prostrata



Phytolacca bogotensis



Puya clava - herculis



Tibouchina grossa



Espeletia grandiflora



Weinmannia rollottii



Carex pichinchensis



Rumex acetosella



Pinus occidentalis