



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES
RENOVABLES

**“EFECTIVIDAD DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN PARA LA
RECUPERACIÓN DEL PÁRAMO DE FRAILEJONES PERTURBADO
POR INCENDIOS EN CHALPATÁN, PROVINCIA DEL CARCHI”**

**PLAN DE TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO/A EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORES: NINA MICAELA MALES ESPINOSA;
CARLOS ANDRÉS SANDOVAL CHACHALO**

DIRECTOR
Dr. JHON JAMES RODRÍGUEZ ECHEVERRY Ph.D.

MAYO 2019

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES
“EFECTIVIDAD DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN PARA LA
RECUPERACIÓN DEL PÁRAMO DE FRAILEJONES PERTURBADO
POR INCENDIOS EN CHALPATÁN, PROVINCIA DEL CARCHI”

Trabajo de titulación revisada por el Comité Asesor, previa a la obtención de
Título de:

INGENIEROS EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

APROBADA:

Dr. James Rodríguez PhD.

DIRECTOR



.....

FIRMA

Ing. Mónica León MSc.

ASESORA

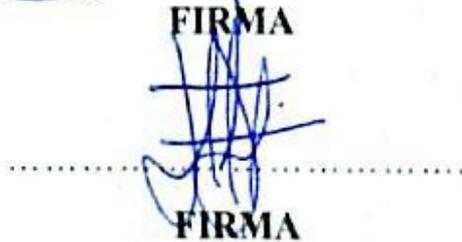


.....

FIRMA

Biol. Renato Oquendo MSc.

ASESOR



.....

FIRMA

Ing. Tania Oña MSc.

ASESORA



.....

FIRMA

IBARRA – ECUADOR

MAYO, 2019



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejamos sentada nuestra voluntad de participar en este proyecto, para lo cual ponemos a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD	1003844444	
APELLIDOS Y NOMBRES	Males Espinosa Nina Micaela	
DIRECCIÓN:	San Antonio -Ibarra- Imbabura	
EMAIL:	ninamales.95@gmail.com	
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL:	0999899634

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD	1004032296	
APELLIDOS Y NOMBRES	Sandoval Chachalo Carlos Andrés	
DIRECCIÓN:	Zuleta-Imbabura	
EMAIL:	carlosandoval995@gmail.com	
TELÉFONO FIJO:	TELÉFONO MÓVIL:	0968111641

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	“EFECTIVIDAD DE ESTRATEGIA DE RESTAURACIÓN PARA LA

	RECUPERACIÓN DEL PÁRAMO DE FRAILEJONES PERTURBADO POR INCENDIOS EN CHALPATÁN, PROVINCIA DEL CARCHI'
AUTORES:	Males Espinosa Nina Micaela Sandoval Chachalo Carlos Andrés
FECHA:	06 de Mayo de 2019
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera/o en Recursos Naturales Renovables
DIRECTOR:	Ph.D. James Rodríguez

2. CONSTANCIA

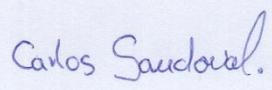
Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autores terceros, por lo tanto, la obra original y es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 06 de Mayo de 2019.

LOS AUTORES



 Males Espinosa Nina Micaela

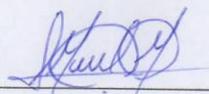


 Sandoval Chachalo Carlos Andrés

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

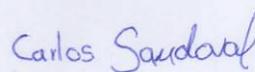
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Nosotros, NINA MICAELA MALES ESPINOSA, con cédula de identidad Nro. 1003844444 y CARLOS ANDRÉS SANDOVAL CHACHALO con cédula de identidad Nro. 1004032296; manifestamos la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, Artículo 4,5 y 6, en calidad de autores de la obra de trabajo de grado denominada **“EFECTIVIDAD DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DEL PÁRAMO DE FRAILEJONES PERTURBADO POR INCENDIOS EN CHALPATÁN, PROVINCIA DEL CARCHI”**, que ha sido desarrollada para optar por el título de Ingenieros en Recursos Naturales Renovables en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.



Males Espinosa Nina Micaela

C.I. 1003844444



Sandoval Chachalo Carlos Andrés

C.I. 1004032296

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: 06 de Mayo de 2019

NINA MICAELA MALES ESPINOSA

CARLOS ANDRÉS SANDOVAL CHACHALO

“EFECTIVIDAD DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DEL PÁRAMO DE FRAILEJONES PERTURBADO POR INCENDIOS EN CHALPATÁN, PROVINCIA DEL CARCHI”

TRABAJO DE GRADO

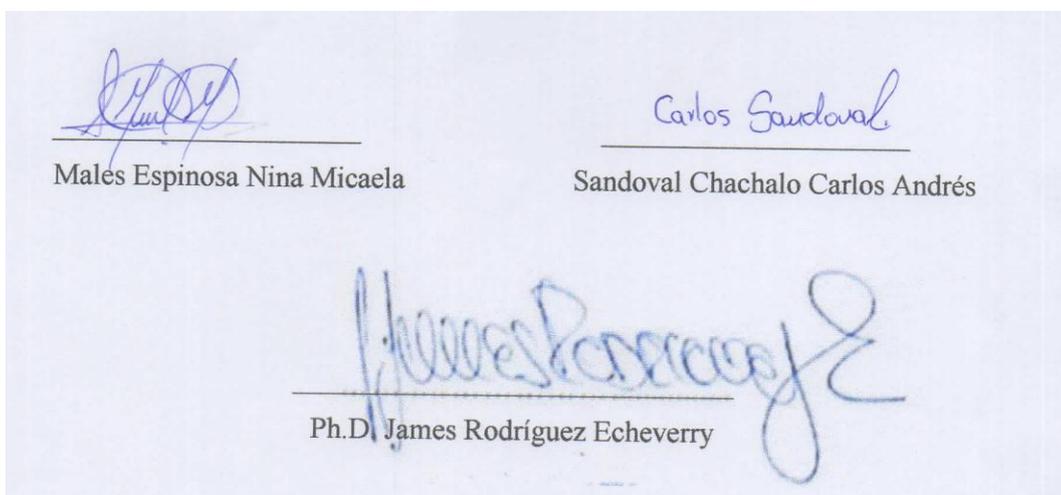
Ingenieros en Recursos Naturales Renovables, Universidad Técnica del Norte, Carrera de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ibarra, 06 de mayo de 2019.

DIR ECTOR: Ph.D. James Rodríguez Echeverry

El objetivo de esta investigación evaluó la efectividad de las estrategias de restauración implementadas de acuerdo a la actitud de la pendiente mediante la comparación de los procesos de sucesión ecológica considerando el crecimiento y supervivencia en el páramo de frailejones en Chalpatán, Provincia del Carchi.

Ibarra, 13 de Mayo de 2019

AUTORES



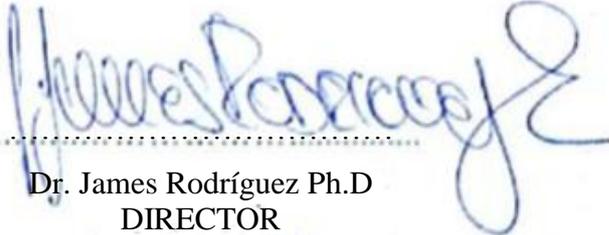
Males Espinosa Nina Micaela

Sandoval Chachalo Carlos Andrés

Ph.D. James Rodríguez Echeverry

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la señorita MALES ESPINOSA NINA MICAELA, con cédula de ciudadanía Nro. 100384444-4 y el señor SANDOVAL CHACHALO CARLOS ANDRÉS, con cédula de ciudadanía Nro. 1004032296 , bajo mi supervisión en calidad de director.



Dr. James Rodríguez Ph.D
DIRECTOR

Ibarra, a los 09 días del mes de mayo del 2019

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios quien me supo bendecir y guiar mi camino. Agradezco a mis padres quienes con sus consejos me han ayudado a cumplir mis metas y formarme como persona, a mis hermanos y familiares que con su cariño me han apoyado en toda mi vida.

Agradezco al macro proyecto de “Restauración de ecosistemas degradados y su contribución en el manejo sustentable de paisajes en el norte de Ecuador” de autoría y responsabilidad del Ph.D. James Rodríguez Echeverry.

Al Cuicyt quiene me proporcionó el transporte para las salidas de campo del presente trabajo.

Al Ministerio del Ambiente del Ecuador y al Gobierno Provincial del Carchi, quienes contribuyeron con apoyo técnico.

Agradezco a mi director de tesis quien con su sabiduría, experiencia y financiamiento me ayudó a culminar esta gran meta de mi vida.

A mis asesores, que en el transcurso de mi vida universitaria han contribuido en mi formación y por las correcciones realizadas en el presente estudio y así poder culminar esta etapa de mi vida.

Nina Micaela Males Espinosa

DEDICATORIA

A mis padres, Mónica y Pablo, quienes han estado presentes apoyándome desde el inicio de mi vida y me han brindado su confianza y amor, ayudándome a sobrellevar los obstáculos que se me han presentado. Por esas razones y muchas más, este trabajo es para ustedes, quienes nunca dejaron de creer en mí.

A mis hermanos, David, Pamela y Milena quienes con su empatía y apoyo siempre han estado presentes en mi vida, y a mis sobrinos Tamya y Sayri que con su cariño y carisma han sido un motivo para darles un ejemplo a seguir.

A mi pareja Lenin, quien me ha apoyado en todo el transcurso de mi vida universitaria.

A mi hijo Eithan, quien se volvió el motor de mi vida y provoca que me supere cada día más para él.

A mis amigos y compañeros, Dayana, Erik, Andrés, Diana, Byron, Carlos y Nury quienes han sido un apoyo en mi vida universitaria.

Nina Micaela Males Espinosa

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su amor y apoyo infinito, que me ha brindado en todas las etapas de mi vida en el cumplimiento de metas y superación de retos que se han presentado, gracias por ayudarme a conseguir una meta más en mi vida.

Al PhD. James Rodríguez director del macroproyecto “Restauración de ecosistemas degradados y su contribución en el manejo sustentable de paisajes en el norte de Ecuador”, quien además fue el director de la tesis, por su contribución tanto académica, económica y moral.

De la misma manera agradecer a las instituciones que estaban involucradas en el proyecto como el CUICYT de la UTN por su contribución con su logística de movilización, también al MAE y GAD de la provincia del Carchi por su por el apoyo técnico.

A mis asesoras y asesor de tesis, Ing. Mónica León, Ing. Tania Oña, y Blgo. Renato Oquendo, por el conocimiento impartido en las aulas universitarias, quienes con su experiencia supieron guiar acertadamente este trabajo

A la Universidad Técnica del Norte, por el apoyo y colaboración para el desarrollo del presente estudio.

A miembros del equipo de investigación, amigos y compañeros: Margaret, Marco, Brenda, Erik quienes apoyaron en el trabajo de campo, en especial Micaela, amiga, compañera y coautora del presente estudio por el excelente trabajo en equipo.

A, Byron, Diana, Andrés, Erik, Nury, Byron A. y Jefferson, por todos los años de amistad y compañerismo, cada uno de ustedes ayudaron en mi formación y crecimiento, humano y académico. Buena suerte y buen viaje por la vida a todos ustedes.

Y, eternamente agradecido a mis padres, hermanos y familia y amigos, quienes han sido mi fortaleza y apoyo, para alcanzar mis sueños

Carlos Andrés Sandoval Chachalo

DEDICATORIA

A Dios por haberme brindado fortaleza en el desarrollo y permite culminación de estudios superiores y poner a las personas correctas, quienes han sido pilares fundamentales en mis años de universitario.

A padres Carlos y Margarita por todo el amor, cariño y apoyo que me han brindado durante todos mis años de estudio y haber confiado y creído en mí, esto es por y para ustedes.

A mis hermanos: Paúl, Danilo, Galy y Alina, por todo el cariño y apoyo, sin ellos nada sería igual y en especial a una ángel en el cielo Sheyla, quien me ha cuidado y guiado.

A Paola S. una persona importante en mi vida, gracias por apoyarme siempre.

A todas las personas que poseen algún tipo de capacidad especial, todos estamos en las condiciones de aportar y ser parte de la sociedad.

A todas la personas e instituciones que se dedican al cuidado del ambiente en la zonas rurales, en especial en la conservación de los páramos.

Carlos Andrés Sandoval Chachalo

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Páginas
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	7
CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 Problema de investigación y justificación.....	8
1.2 Objetivos.....	15
1.2.1. Objetivo general.....	15
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
1.3 Pregunta(s) directriz (ces) de la investigación.....	16
1.4 Hipótesis.....	16
CAPÍTULO II - REVISIÓN DE LITERATURA.....	17
2.1. Marco teórico.....	17
2.1.1. Los páramos ecuatorianos.....	17
2.1.2. Disturbios en ecosistemas.....	18
2.1.3. Restauración ecológica.....	19
2.1.4. Criterios de selección de áreas a restaurar.....	20
2.1.5. Técnicas de Restauración.....	21
2.2 Marco legal.....	23
Constitución del Ecuador (2008).....	23
Convenio de la Diversidad Biológica.....	24
Código Orgánico del Ambiente.....	24
Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021.....	24
CAPÍTULO III - METODOLOGÍA.....	26
3.1 Descripción del área de estudio.....	26
3.2 Materiales y equipos.....	27
3.3 Métodos.....	27
3.3.1. Identificación de sitios de establecimiento de ensayos de restauración.....	28
Criterios de selección.....	28
3.3.2. Implementación de estrategias de restauración ecológica.....	29
Identificación de estrategias de restauración ecológica.....	29
Especies de plantas utilizadas en la implementación de los ensayos de restauración ..	29

Adecuaciones de los sitios para la implementación de los ensayos de restauración	31
Implementación de las estrategias.....	32
3.3.3. Evaluación de la efectividad de las estrategias.....	32
Medición de incremento de altura (Crecimiento)	33
Medición de supervivencia	34
CAPÍTULO IV - RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1. Identificación de sitios para el establecimiento de ensayos de restauración.....	36
Criterio de accesibilidad.....	36
Criterio de referencia.....	37
Criterio ecológico.....	37
4.2. Implementación de las estrategias de restauración ecológica.....	39
Introducción de especies nativas	41
Estrategia reubicación de parches	42
Estrategia regeneración natural	43
Estrategia densidad.....	44
4.3. Evaluación la efectividad de las estrategias de restauración implementadas	45
Crecimiento	45
Supervivencia.....	47
CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
4.1 Conclusiones	54
4.2 Recomendaciones.....	55
REFERENCIAS.....	56
ANEXOS	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados.....	27
Tabla 2. Nomenclatura de las estrategias de restauración.....	32
Tabla 3. Descripción general de la ficha de campo que se utilizó en los monitoreos...34	
Tabla 4. Relación y fuerza de la relación en cada una de las estrategias.....	46
Tabla 5. Análisis estadístico con la U de Mann Whitney	46
Tabla 6. Porcentaje de supervivencia de las estrategias implementadas.	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica de la distribución temporal de hitos relacionados con la restauración ecológica en Ecuador.....	10
Figura 2. Ubicación del páramo de frailejones en Chalpatán, provincia del Carchi.....	26
Figura 3. Fotografía de <i>Polylepis incana</i>	30
Figura 4. Fotografía de <i>Hypericum laricifolium</i>	31
Figura 5. Fotografía de <i>Hypericum empetrifolium</i>	31
Figura 6. Ubicación de los sitios de restauración considerando el criterio de accesibilidad.....	36
Figura 7.- Ubicación de los sitios de restauración considerando el criterio de referencia.	37
Figura 8. Ubicación de los sitios de restauración considerando el criterio ecológico. .	38
Figura 9. Sitios para el establecimiento de ensayos de restauración considerando los tres criterios.....	39
Figura 10. Ubicación de los 12 sitios claves para la restauración de acuerdo a la actitud de la pendiente.....	39
Figura 11. Distribución de las plantas en la implementación de las estrategias: 1.- Introducción de especies nativas, 2.- Reubicación de parche, 3.- Regeneración natural y 4.- Densidad relación de la disponibilidad de plantas y estrategias para la parte alta, media y baja del área de estudio. Re implementación:	41
Figura 12. Distribución de las 20 plantas de <i>Polylepis incana</i> implementadas en la estrategia de introducción de especies nativas.	42
Figura 13. Implementación de las 20 plantas del genero <i>Hypericum</i> sp en la estrategia reubicación de parches.	43
Figura 14. Estrategia de regeneración natural, implementada con 20 plantas del genero <i>Hypericum</i> sp.	44
Figura 15. Aproximación grafica (2 x 2 metros) en la implementación y distribución de 20 plantas de <i>Polylepis incana</i> en la estrategia densidad.....	45
Figura 16. Supervivencia de las estrategias de restauración implementadas en el páramo de frailejones de Chalpatán.	48

Figura 17. Supervivencia mensual de las plantas utilizadas en la implementación de las estrategias de restauración ubicadas en la parte alta.	48
Figura 18. Supervivencia mensual de las plantas utilizadas en la implementación de las estrategias de restauración ubicadas en la parte media.	49
Figura 19. Supervivencia mensual de las plantas utilizadas en la implementación de las estrategias de restauración ubicadas en la parte baja.	49

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EVALUACIÓN DE ESTRATEGIAS DE RESTAURACIÓN PARA LA
RECUPERACIÓN DEL PÁRAMO DE FRAILEJONES PERTURBADO POR
INCENDIOS EN CHALPATAN, PROVINCIA DEL CARCHI.

Trabajo de titulación

Nombre del estudiante: Nina Micaela Males Espinosa;

Carlos Andrés Sandoval Chachalo

RESUMEN

En el año 2015, alrededor de 3000 has del páramo de frailejones, en el sector de Chalpatán provincia del Carchi, fueron afectadas por un incendio. Lo que generó la necesidad de realizar acciones que contribuyan en la recuperación de este ecosistema. El objetivo de este estudio fue determinar la efectividad de cuatro estrategias de restauración con las cuales se pueda llevar a cabo la recuperación del ecosistema páramo de frailejones. La metodología se guió en: i) se identificaron sitios para establecer los ensayos de restauración, para lo cual se consideraron tres criterios: accesibilidad, ecológico y de referencia; ii) la implementación de cuatro estrategias de restauración, que consideraron la actitud alta, media y baja de la pendiente, las cuales fueron: regeneración natural con las especies *Hypericum laricifolium* e *Hypericum empetrifolium*, introducción de especies nativas con dos densidades de la especie *Polylepis incana*, y la estrategia traslado de parches con las especies *Hypericum laricifolium* e *Hypericum empetrifolium*; y iii) se evaluó la efectividad de las estrategias a través de monitoreos mensuales de crecimiento y supervivencia, con lo cual se realizaron los análisis estadísticos de regresión, correlación, U de Mann Withney y la función de Kaplan-Meier para evaluar la supervivencia. Se determinó que todas las estrategias son aptas para la restauración. Además, *Polylepis incana* e *Hypericum sp.* son aptas para la restauración ecológica. La estrategia que más se destacó fue el traslado de parches ya que obtuvo un mayor índice de crecimiento. En conclusión, las estrategias de restauración ecológica estudiadas pueden usarse para restaurar páramos de frailejones afectados por incendios.

Palabras clave: actitud, crecimiento, ecosistema, efectividad, supervivencia.

ABSTRACT

In 2015, around 3000 ha of the páramo of frailejones in Chalpatán, province of Carchi, they were affected by a fire. The foregoing, generates the need to carry out actions that contribute to the recuperation of this ecosystem. The objective of this study was to determine the effectiveness of four restoration strategies with which the recuperation of the frailejones páramo ecosystem can be carried out. The methodology was based on: i) identifying the key areas to establish restoration strategies, for which the accessibility, ecological and reference criteria were considered; ii) the implementation of four restoration strategies, which considered the high, medium and low attitude of the slope, the strategies were: natural regeneration with the species *Hypericum laricifolium* e *Hypericum empetrifolium*, introduction of native species with two densities of the specie *Polylepis incana*, and patch translocation strategy with the species *Hypericum laricifolium* e *Hypericum empetrifolium*; and iii) The effectiveness of the strategies was evaluated through growth and survival monitors with which the following statistical analyzes were carried out: regression, correlation, U de Mann Withney and survival using the Kaplan-Meier function. It was determined that all strategies are suitable for restoration. However, *Polylepis incana* became better in the high and middle part and *Hypericum* sp. in the middle and low part. The strategy more important was patch translocation that obtained a higher growth rate. In conclusion, the strategies of ecological restoration studied can be used to restore the páramos of frailejones affected by fires.

Keywords: attitude, ecosystem, effectiveness, growth, survival.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Problema de investigación y justificación

Los ecosistemas a nivel global han sido modificados por el desarrollo de actividades antrópicas, las cuales han aumentado en gran magnitud desde la mitad del siglo XX (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2002; Rodríguez-Echeverry, Echeverría, Oyarzún y Morales, 2018). En la actualidad, las principales actividades antrópicas que se realizan son: minería, pesca, explotación petrolera, agricultura, entre otras. Las actividades mencionadas anteriormente alteran la composición, estructura y función de los ecosistemas, generando la destrucción de los hábitats y con ello la pérdida de la diversidad biológica, considerada un componente biótico del medio ambiente, que representa la vida en todas sus manifestaciones (Guerra, 2011). En este sentido, se ha evidenciado la pérdida del 68% de las especies de fauna y flora silvestre del mundo entre 1970 y el 2012 (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015). A su vez, la pérdida de diversidad biológica genera una disminución en la provisión de servicios ecosistémicos, definidos como los beneficios que la humanidad obtiene de los ecosistemas (Millenium Ecosystem Assessment, 2005; Rodríguez, Echeverría, Oyarzún y Morales, 2018).

En este sentido, según World Wildlife Fund (2016), la solución para la recuperación de los ecosistemas es la restauración ecológica, la cual pretende recuperar la composición, función y estructura del ecosistema, permitiendo formar un ecosistema resiliente. En este contexto, se han realizado diferentes investigaciones que aportan a la recuperación de ecosistemas y a la ecología de la restauración. Según Murcia et al. (2017), algunas ONG's mundiales han realizado ensayos de adaptación de especies arbóreas con fines de restauración, pero raramente quedan registradas estas investigaciones en documentos de acceso público como: artículos científicos, libros, folletos, entre otros.

A nivel de Sudamérica existen varias investigaciones sobre la restauración ecológica. Meli (2003), elaboró un documento en donde recopila información de 25 sitios de estudios en 20 años, los cuales se realizaron en 13 países latinoamericanos entre los que

se encuentran: Argentina, Costa Rica, Colombia, Ecuador y Venezuela. En Argentina, Montagnini (1992), realizó un estudio, cuyo objetivo fue la evaluación de la recuperación del suelo y la regeneración de la cobertura vegetal, este estudio relacionó la recuperación de pastos abandonados con especies nativas, las cuales fueron sembradas en configuraciones espaciales de 2x2 y 3x3 metros de distancia. Este estudio encontró que la configuración espacial de siembra depende de la ecología de las plantas y la disponibilidad de nutrientes.

En Costa Rica, Holl (1998), realizó un estudio relacionado a pastos abandonados y el crecimiento de plántulas, el objetivo de este estudio fue comparar el crecimiento de plántulas *Calophyllum brasiliense* en pastos tropicales abandonados que presentaban parches de bosque y pastos sin dosel. Se evidenció que el crecimiento de las plántulas es más rápido en zonas sin dosel debido a que dispone de más luz solar y nutrientes, al contrario los pastos sin dosel presentaron menor crecimiento debido la competencia entre plantas por nutrientes y luz solar.

En Colombia existen trabajos enfocados a la restauración de bosques tropicales. Aide y Cavalier (1994), estudiaron las barreras a la regeneración de los bosques húmedos de tierras bajas en pastizales altamente degradados en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Las barreras que se identificaron fueron: disponibilidad de semillas, la depredación de las semillas, competencia de las plantas nativas con las gramíneas, microclima y factores tensionantes como la erosión y el fuego. Por otro lado, Cavellier (1995), también en Colombia realizó un estudio relacionado a efectos de la fitodiversidad, evaluando y comparando los resultados de zonas intervenidas con especies exóticas con fines comerciales, tales como: *Pinus patula* y *Cupressus lucitanica*, y la riqueza de especies en la zona de montaña, utilizando la especie *Alnus acuminata*, planta empleada en proyectos de reforestación en zonas que presentan claros de bosque y en páramo. Murcia (1997), también investigó el uso del Aliso (*Alnus acuminata*) con el fin de utilizar esta planta como un catalizador para la recuperación de los bosques nubosos tropicales en el Parque Regional Ucumari en los Andes Centrales de Colombia. En este estudio se comparó bosques naturales y bosques de alisos con aproximadamente 30 años de recuperación y siembra respectivamente. Los resultados

obtenidos evidenciaron que las plantaciones de aliso produjeron un dosel de hasta 20 m de alto y el bosque naturalmente regenerado tenía un dosel irregular entre los 16 y 18 metros de alto.

Uhl (1982), realizó en Venezuela un trabajo relacionado a recuperación de la selva amazónica en zonas post-disturbios de diferentes intensidades causadas por el avance de la frontera agrícola. En este estudio se evaluó las características del suelo, disponibilidad de nutrientes y la riqueza florística post disturbios especialmente por el fuego, como resultado del estudio se evidenció que las semillas de áreas adyacentes son importantes en la regeneración de áreas que se ha removido la cobertura vegetal con fines agrícolas mediante el uso del fuego.

En este contexto, en Ecuador durante los años 1970-2010 se han realizado 12 estudios referentes al tema de restauración, entre estos se destaca el realizado por Acosta (1974), donde se promovió una política conservacionista de los recursos naturales. Según Carrion, Donlan, Campbell, Lavoie y Cruz (2011), a inicios de los años 80 en las Islas Galápagos en Ecuador debido a la degradación de este ecosistemas insular único en el mundo se registraron los primeros expedientes referentes a la restauración, donde se registra el uso de las estrategias de restauración: erradicación de especies exóticas y especies invasoras (mamíferos domésticos).

Además Murcia, Guariguata, Peralvo y Gálmez (2017), recopilaron información acerca de estudios, investigaciones y leyes de Ecuador relacionado a la restauración ecológica. Sarmiento (1995), realizó un llamado a la ejecución de restauración ecológica en Ecuador y presentó un conjunto de conceptos como: la restauración, rehabilitación, reclamación y recuperación, donde expone los diferentes enfoques que tiene cada actividad orientada a la conservación de los bosques andinos del Ecuador, marcando un hito importante en la restauración de ecosistemas en Ecuador (Figura 1).

1995
Llamado a restaurar-
Sarmiento
Conceptos:
Restauración,
rehabilitación,
reclamación y
recuperación.

2007
Manejo
Sustentable
de Bosque
Seco

2013
Plan
Nacional
del Buen
Vivir

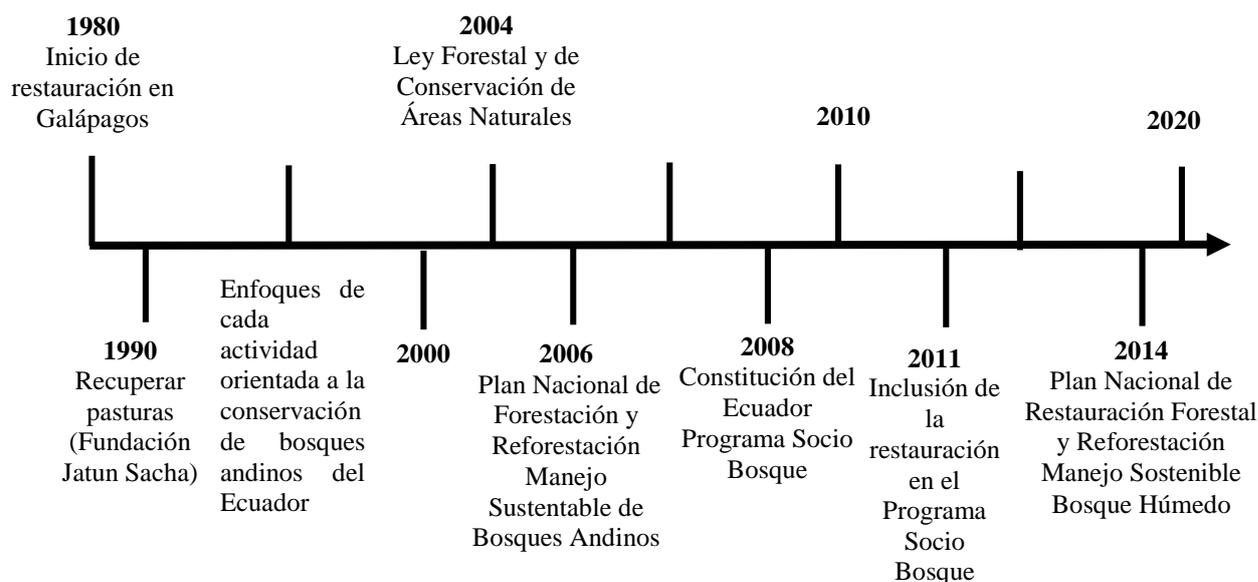


Figura 1. Representación gráfica de la distribución temporal de hitos relacionados con la restauración ecológica en Ecuador

Fuente: (Murcia, C. et al 2017)

Posterior al llamado de Sarmiento (1995), se iniciaron investigaciones ecológicas que buscaban identificar los factores que inhiben o facilitan la sucesión ecológica en áreas degradadas o transformadas, como por ejemplo la baja disponibilidad de nitrógeno en áreas de bosque que han sido transformadas a pastos, además de especies de plantas del género *Inga* que puede ayudar a la recuperación del suelo y la cobertura vegetal (Sarmiento 1997, Rhoades, Eckert, y Coleman; 1998) y Sarmiento; 2002). En este contexto Günter, Weber, Erreis, y Aguirre (2007), se sumaron a la investigación forestal enfocada en desarrollar aspectos acerca de la ecología de la restauración en bosques secundarios de algunas especies nativas (*Dioicodendron dioicum*, *Graffenrieda emarginata*, *Clusia sp.*), con potencial para repoblamiento de zonas andinas, así como también Weber, Günter, Aguirre, Stimm y Mosandl (2008) incursionaron en temas de restauración ecológica. Posteriormente, Urgiles et al. (2009) y Crespo (2014), trabajan a cerca de la restauración ecológica a nivel de Ecuador en la última década.

Además, Zahawi y Augspurger (1999), realizaron en Ecuador un estudio de sucesión ecológica de 4 pasturas, 2 pastos sin cubierta de dosel y 2 pastos cubiertos de dosel. En este estudio se evaluó la riqueza de las especies y el reclutamiento de plántulas. Se

encontró que en los pastos con dosel la riqueza de especies de plantas fue mayor en comparación al pasto sin dosel. No obstante, registraron que el reclutamiento de plántulas fue mayor en pastizales sin dosel. En relación a la información recopilada por Meli (2003), expone perspectivas y escenarios prometedores para la investigación de la restauración, debido a que existen proyectos que no incluyen la restauración como concepto o parte del título. Sin embargo, tienen objetivos a fines como la reforestación o la introducción de especies nativas. Además, menciona que el componente social es determinante, no solo por cuestiones éticas, sino por responsabilidad ambiental. Finalmente, este autor sugiere desarrollar métodos para la cuantificación de los servicios ecosistémicos que brinda un ecosistema cuando se encuentra en proceso de restauración, con el fin de demostrar el valor económico de un ecosistema restaurado.

En restauración de ecosistemas altoandinos, especialmente páramo, Murcia, Guariguata, Peralvo y Gálmez (2017), mencionan que en la última década del siglo XX la academia, con un enfoque que considera las necesidades sociales y las realidades de los paisajes andinos, recién se involucra en temas relacionados a la restauración con la necesidad de recuperar los bosques andinos. En este ámbito, Caranqui (2014), menciona la importancia de la taxonomía vegetal para los programas de restauración ecológica. Además, Narváez (2015), analizó la interferencia de las plantas introducidas y nativas tomando como indicador la presencia de microorganismos para determinar la calidad del suelo mediante la cuantificación de la biomasa microbiana y la respiración basal del suelo en el transcurso de restauración ecológica.

A nivel de la zona norte de Ecuador, Huera (2010), elaboró una propuesta para la restauración ecológica de la Loma de Guayabillas que posee un ecosistema dominado por *Eucalyptus sp.* También, Calderon (2010), propuso métodos de restauración en un bosque de galería utilizando fertilizantes o enmiendas químicas y orgánicas en la comunidad de San Jacinto en Chinambí, provincia del Carchi. Sin embargo, solo se registra el trabajo de tesis de pregrado de Puetate (2017), quien estudió la translocación de especies nativas a zonas degradadas con el fin de evaluar la supervivencia y desarrollo de las plantas en ecosistemas alto andinos, en la parroquia el Carmelo, provincia del Carchi, donde se evaluó la efectividad de la restauración se encuentra

limitada a las condiciones ambientales: disponibilidad de nutrientes en el suelo y temperatura ambiente.

A nivel mundial uno de los ecosistemas más afectado por los disturbios es el páramo, el cual es captador y regulador del agua. Estas funciones las realiza debido a las características que posee su vegetación, suelo y clima (Vargas y Velasco, 2011). El agua que es almacenada en este ecosistema se distribuye a la parte baja de la cuenca en la que se encuentra, lo que permite su aprovechamiento en actividades diarias por parte de las comunidades humanas (Secretaría General de la Comunidad Andina, 2009). Sin embargo, la Ley orgánica de la biodiversidad del 2009 menciona que los páramos son considerados ecosistemas frágiles, debido a las perturbaciones que se han presentado en los últimos años, tales como los incendios, producción agrícola e inclusive el sobrepastoreo (Mena, Medina, y Hofstede, 2001).

En cuanto al ecosistema páramo en Ecuador, de acuerdo a Vargas y Velasco (2011), existen 12 tipos diferentes de páramo, debido a que poseen diferentes tipos de vegetación y altitud. En el país los estudios sobre la restauración del ecosistema páramo son escasos. Actualmente, el estudio más destacado fue realizado por Aguirre, Torres y Velasco (2014), en los páramos del Antisana. Este estudio consistió en el diseño un modelo de restauración ecológica aplicable a los ecosistemas de todos los páramos del Ecuador. Por otra parte, no consta una base de datos que permita determinar metodologías, técnicas y estrategias específicas de restauración más factibles para recuperar el ecosistema páramo.

Lo anterior evidencia la escasez de estudios realizados en la zona norte de Ecuador en temas de restauración ecológica y surge la necesidad de desarrollar más investigaciones especialmente en ecosistema de páramo, debido a que no existe información sobre restauración en los páramos.

Por otra parte, una de las perturbaciones que abarca grandes extensiones de territorio es el incendio. Drysdale (1993), menciona que “el incendio es la manifestación de la combustión incontrolada”. Además, Galarraga y Oña (2016), estudian los daños

ambientales que proporcionan los incendios forestales, los cuales son causantes de pérdida de superficie forestal, por tal motivo, se considera que los incendios forestales constituyen una amenaza para todos los ecosistemas y bosques, lo cual genera contaminación, pérdida de flora y fauna y además afecta a la salud, desarrollo y seguridad de la sociedad actual y futura. Sin embargo, la República de Ecuador considera en su constitución la necesidad de recuperar y restaurar para así tener un ambiente sano y libre de contaminación (Galarraga y Oña; 2016). Existen estudios sobre los impactos negativos que generan los incendios en los ecosistemas, como es el caso de Vargas (2007), Agama (2016) y Rodas (2015) en el que se obtuvo que los incendios generaron un impacto climático, atmosférico y ecológico. La problemática que se presenta en la actualidad fue que la mayoría de incendios son provocados por el ser humano, lo que afecta a la composición y estructura de los ecosistemas. Además, se consideró que muchos incendios no solo afectan a la parte ambiental, por lo que afectan aún más la parte social, esto debido que al perder grandes extensiones de bosques hay menos captura de carbono y con ello mayor calentamiento global.

En este contexto, en el año 2015 hubo un incendio que causó una severa perturbación en el ecosistema páramo de frailejones del sector de Chalpatán. Este incendio afectó alrededor de 3000 hectáreas de su superficie. Este incendio impactó severamente la integridad ecológica de este ecosistema, vegetación nativa y fauna que existía en el lugar (Jiménez, 2015). Al respecto, diversos reportes documentan animales silvestres muertos alcanzados por el fuego y sin mencionar las grandes extensiones de terreno de frailejones quemados junto con otras especies vegetales (Jiménez, 2015). Por lo tanto, los ecosistemas sensibles como los páramos son aquellos donde las especies vegetales no están adaptadas para resistir altas temperaturas y como consecuencia de un incendio puede sufrir degradación (Vallejo y Valdecantos, 2006).

En este sentido, la restauración ecológica es muy importante para la recuperación de los ecosistemas afectados por incendios. Además, Hobbs y Harris (2001), mencionan que la ecología de la restauración debe proporcionar herramientas conceptuales y prácticas efectivas para esta tarea, es decir, la aplicación de estrategia y técnicas de restauración que garanticen la ejecución del objetivo y metas alcanzables que posea un proyecto.

Por lo cual, los estudios que se desarrollen deberían centrarse en la ejecución de estrategias de restauración ecológica para asistir en la recuperación de ecosistemas perturbados principalmente por incendios, el cual genera pérdida y fragmentación de la cobertura vegetal. Por lo tanto, los estudios sobre estrategias y técnicas desarrolladas en campo, contribuirán en recuperar e incrementar la integridad del ecosistema páramo y los servicios ecosistémicos que éste provee a largo plazo.

Es importante ayudar a recuperar el ecosistema páramo realizando estudios que permitan determinar las estrategias de restauración más efectivas para llevar a cabo la restauración de este ecosistema. En consecuencia, este tipo de estudio proveerá información altamente relevante que contribuirá en las futuras acciones de recuperación del ecosistema páramo de frailejones afectados por incendios. En este sentido, este estudio se planteó determinar la efectividad de cuatro estrategias de restauración.

Además, el presente trabajo está enmarcado en el proyecto “Restauración de ecosistemas degradados y su contribución en el manejo sustentable de paisajes en el norte de Ecuador” de autoría y responsabilidad del Ph.D. James Rodríguez Echeverry. Proyecto el cual cuenta con la aprobación del CUICYT y el H. Consejo Directivo (HCD) de la FICAYA, Universidad Técnica del Norte.

1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la efectividad de cuatro estrategias de restauración para la recuperación del páramo de frailejones perturbado por incendios en el sector Chalpatán, provincia del Carchi

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar doce sitios de establecimiento de ensayos de restauración para el ecosistema páramo de frailejones.

- Implementar cuatro estrategias de restauración ecológica: traslado de parches, regeneración natural e introducción de especies nativas con dos densidades diferentes de plantación.
- Evaluar la efectividad de las estrategias mediante la comparación de los procesos de sucesión ecológica considerando el crecimiento y supervivencia de las especies plantadas.

1.3 Pregunta(s) directriz (ces) de la investigación

¿Qué estrategia de restauración ecológica será más efectiva para la recuperación de áreas incendiadas para el ecosistema páramo de frailejones?

¿Cuáles especies son claves para la restauración?

¿Las especies plantadas son aptas para la restauración considerando la actitud de la pendiente?

1.4 Hipótesis

Las estrategias de restauración implementadas son efectivas para la recuperación del ecosistema páramo.

Las especies de *Polilepys incana*, *Hypericum sp.* tienen un alto índice de supervivencia y crecimiento en el páramo de frailejones.

Las especies de *Polilepys incana*, *Hypericum sp.* son aptas para la restauración considerando la actitud de la pendiente

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico

El concepto de restauración ecológica, definido por la Sociedad para la Restauración Ecológica SER (Society for Ecological Restoration, 2004), es “El proceso de ayudar a la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido”. Por lo tanto, la restauración es muy importante ya que permite devolver la estructura y función a los ecosistemas que han sido perturbados.

2.1.1. Los páramos ecuatorianos

El Ecuador al ser un país mega diverso, posee diferentes tipos de páramos en los cuales no existe estudios de restauración para cada uno de ellos.

- **Clasificación de los páramos**

Los páramos según el Sistema de Clasificación de Ecosistemas Continentales elaborado por Santiana, Báez, y Guevara (2012), bajo la tutela del Ministerio de Ambiente del Ecuador se clasifican en:

- Bosque siempre verde montano alto y montano alto superior de páramo.
- Rosetal caulescente y herbazal montano alto y montano alto superior de páramo (frailejones).
- Herbazal bambusoide montano alto y montano alto superior de páramo.
- Herbazal inundable montano alto y montano alto superior de páramo.
- Herbazal montano alto y montano alto superior de páramo.
- Herbazal y arbustal montano alto y montano alto superior de páramo.
- Herbazal húmedo montano alto superior de páramo.
- Arbustal siempre verde montano alto superior y subnival de páramo.
- Herbazal húmedo subnival de páramo.

- Herbazal ultra húmedo subnival de páramo.
- Arbustal siempre verde montano alto de páramo del sur de Ecuador.

Según la clasificación antes mencionada, el presente estudio se enfoca en evaluar la efectividad de estrategias de restauración en el rosetal caulescente y herbazal montano alto y montano alto superior de páramo (páramo de frailejones).

2.1.2. Disturbios en ecosistemas

Vargas y Velasco (2011), mencionan que los disturbios son acontecimientos que provocan alteración en la función y estructura del ecosistema. Los disturbios pueden ser naturales como incendios, terremotos, inundaciones entre otras; y antrópicos los cuales son provocados por actividades como la ganadería y agricultura. Entre los cuales se encuentran:

- **Incendios**

Según Hofstede et al. (2014). Mencionan que es imposible ver la ganadería separada de la quema. En toda la extensión del páramo, existe la práctica común entre los campesinos de quemar la vegetación alta para proveer al ganado con pastos más verdes y tiernos que crecen después, esto tomando en cuenta que la mayor parte de los páramos del Ecuador han sido utilizados para la crianza de ganado bravo.

La vegetación no crece más rápido después de una quema porque no existe un efecto de fertilización por las cenizas (lo que sí ocurre en otros ecosistemas) (Hofstede, et al., 2014 y Vargas, 2002). Además, el ecosistema paramo necesita varios años para recuperarse de una quema (Hofstede et al., 2014).

- **Impactos por ganadería**

El impacto de la ganadería sobre el ecosistema páramo depende de muchos factores tales como el tipo de animal, la carga animal, el manejo ganadero y si el pastoreo está combinado con quema o no (Hofstede et al., 2014). Uno de los principales efectos de la

ganadería es la compactación del suelo de páramo, lo que hace muy difícil la regeneración natural de la vegetación pasiva.

- **Impacto por agricultura**

La frontera agrícola con el paso de los años se extiende más, afectando a diferentes ecosistemas nativos, como es el caso de los páramos, en Ecuador estas fronteras han ocasionado perturbaciones en bosques nativos, generando pérdidas de biodiversidad (Hofstede et al., 2014).

2.1.3. Restauración ecológica

La restauración ecológica significa devolver al ecosistema su función y estructura, regresando a su estado inicial o al pasado, cuando este no haya sido alterado. Sin embargo el pionero de la restauración Bradshaw en 1987 realiza un esquema en el que menciona que cuando un ecosistema no es regresado a su estado inicial, se considera un ecosistema rehabilitado, si el ecosistema adquiere otra estructura o función se dice que es un nuevo o reemplazo ecosistema (López, 2015). Existen diferentes tipos de restauración las cuales se mencionan a continuación:

- **Activa**

Este tipo de restauración se lo lleva a cabo cuando el ecosistema no es capaz de recuperarse por sí mismo, lo que necesita la intervención del ser humano, el cual implementa un programa de manejo de especies simulando la sucesión natural y de esta manera devolviendo la función y estructura al ecosistema (Ramírez, 2015).

- **Pasiva**

Este tipo de restauración se realiza cuando el ecosistema necesita una mínima o nula intervención para su recuperación. Esta restauración consiste en dejar que el sistema continúe con la regeneración natural. Se recomienda este tipo de restauración cuando no

existen suficientes medios económicos o cuando las áreas a restaurar son extensas y no existe la logística suficiente (Ramírez, 2015).

2.1.4. Criterios de selección de áreas a restaurar.

Para la selección de las áreas o sitios a restaurar hay que considerar criterios que permitan culminar con éxito un proyecto de restauración. A continuación se mencionan diferentes criterios:

- **Criterio de accesibilidad**

Se debe identificar sitios que tengan accesibilidad. Es decir, que posean con vías o caminos de acceso. Esto permitirá la ejecución del proyecto, ya que permite el transporte de materiales e insumos y posteriormente facilitará el monitoreo (Vargas, 2007).

- **Criterio de referencia**

El ecosistema de referencia es de suma importancia para la restauración de ecosistemas ya que sirve como una guía o una imagen viva para la restauración del ecosistema degradado. Además, se posee ventajas si este se encuentra cerca de las áreas piloto a restaurar, como determinar las especies que se utilizará en las estrategias de restauración (Vargas, 2011).

- **Criterio ecológico**

En este punto se considera la parte ambiental como la priorización de hábitat para la conservación o restauración, esto se refiere a la presencia de humedal, bosque nativo, especies vegetales o animales endémicas, es decir, a la protección de la diversidad biológica (Gonzales, Plascencia y Martínez; 2016).

- **Criterio social**

Se debe considerar a la población humana, pueden ser comunidades que se beneficiaran de la ejecución del proyecto o se ayudará a resolver un problema o conflicto que posea la sociedad (Gomes, Negreiros, Fernandes, Pires y Silvia, 2018).

- **Criterio económico**

Para que un proyecto tenga éxito en la ejecución hay que considerar la rentabilidad del mismo, es decir, que con el presupuesto que se posea al iniciar se pueda culminar toda la investigación. Además, si el mismo genera beneficios económicos es mucho más rentable (Gomes et.al, 2018).

2.1.5. Técnicas de Restauración

Existen diferentes técnicas de restauración utilizadas en diferentes ecosistemas, sin embargo, las que se mencionan a continuación son las utilizadas en el presente estudio.

- **Introducción de especies nativas**

La selección de especies es el paso inicial para llevar a cabo esta técnica, hay que considerar especies nativas del lugar para evitar introducir alguna especie invasora. Esta técnica permite la revegetación de un área que ha sufrido un disturbio, permite en una gran mayoría mitigar o solucionar los factores tensionantes o mitigantes que posee el sistema. Esta técnica se relaciona con la restauración ecológica pasiva, debido a que se enfoca en introducir las especies nativas y dejar la sucesión natural de las mismas en el ecosistema (Cabrera y Ramírez, 2014). También se recomienda plantar las especies nativas considerando la densidad y la distribución heterogénea en el espacio, ya que esto contribuye en la sucesión natural y aumenta en la efectividad del establecimiento de las especies en el área (Cabrera y Ramírez, 2014).

- **Traslado de suelo y de “tapetes de plantas”**

Los disturbios como la quema, sobrepastoreo y minería alteran las características físicas del suelo y con ello afecta a los organismos que habitan en él, para ello esta técnica consiste en trasladar tapetes de suelo de un páramo en buen estado hacia otro que haya sido alterado, este proceso es lento pero efectivo ya que en el suelo se transporta musgo, semillas y organismos que permiten la recuperación de un páramo perturbado (Vargas y Velasco, 2011).

- **Regeneración natural**

Es una restauración pasiva en la que existen dos tipos de regeneración natural: asistida en la cual interviene el ser humano para contribuir en la regeneración natural del ecosistema perturbado y no asistida en la que es un proceso en que el ecosistema se regenera por sí mismo (Ramírez, 2015).

- **Aislamiento del sitio**

Esta técnica consiste en cercar el área a restaurar, con postes de madera y alambre de puya o cualquier otro material que sirva de barrera para el ingreso del ganado, evitando la contaminación y compactación del suelo. Esta técnica permite que el área protegida se regenere de forma natural (Vargas & Velasco, 2011).

- **Propagación de plantas Nativas**

En viveros comerciales no se produce plantas nativas, lo cual la obtención de estas plantas es difícil cuando se quiere realizar una restauración de la vegetación. Para ello se necesita tener un vivero para la producción de plantas nativas del páramo y así evitar las plantas exóticas en la restauración (Vargas & Velasco, 2011).

Mientras se construye el vivero que debe constar con un área para la germinación de las semillas, otro para el crecimiento del material germinado y una zona de adaptación de las plántulas. Se determina las plantas nativas con las que se realizará la restauración considerando las características que cada una posee (Vargas & Velasco, 2011).

- **Rescate y reubicación de plantas**

Según Vargas & Velasco (2011) es muy difícil encontrar plantas para la restauración del páramo debido a que muchas veces estas poseen un crecimiento lento, para ello se puede realizar el rescate de plantas pequeñas, para ser plantadas en el área a restaurar o llevadas a un vivero hasta que tengan el tamaño adecuado para ser plantadas.

Para esta técnica hay que considerar algunos puntos como las plantas deben poseer un tamaño de 10 a 15cm, sacar la planta sin maltratar la raíz y por último envolver la raíz con un poco de musgo, de esta forma se mantiene la humedad para estas poder ser transportadas.

2.2 Marco legal

El presente trabajo se encuentra enfocado en el cumplimiento de algunos artículos de los siguientes documentos legales:

- **Constitución del Ecuador (2008)**

Según la Constitución de la República del Ecuador (2008), en el artículo 72 se menciona sobre el derecho de la naturaleza a ser restaurada, lo cual incluye la restauración de páramos para eliminar o mitigar disturbios que afecten a este ecosistema. De igual manera en el artículo 397 señala “En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas” haciendo relación a la restauración que un ecosistema necesite después de ser afectado por una alteración. Además en el artículo 406 establece la recuperación de ecosistemas frágiles como los páramos, lo que promueve la investigación de estrategias de restauración para estos ecosistemas, expresando lo siguiente: “El Estado regulará la conservación, manejo y uso sustentable, recuperación, y limitaciones de dominio de los ecosistemas frágiles y amenazados; entre otros, los páramos, humedales, bosques nublados, bosques tropicales secos y húmedos y manglares, ecosistemas marinos y marinos-costeros”

- **Convenio de la Diversidad Biológica**

Este convenio tiene como objetivo general promover medidas que conduzcan a un futuro sostenible. La presente investigación se enfoca en el artículo 8, conservación in situ y literal f en el que menciona que se “rehabilitará y restaurará ecosistemas degradados y...” (Biológica Sobre La Diversidad, 1992).

- **Código Orgánico del Ambiente**

Proporciona derechos al ambiente, como en art.3 menciona establecer, implementar e incentivar los mecanismos e instrumentos para la conservación, uso sostenible y restauración de los ecosistemas; en el art 5. menciona el derecho a vivir en un ambiente sano por lo cual es importante la conservación y restauración del patrimonio natural; en el art. 9 se menciona los principios ambientales, los que son importantes para la conservación y restauración del medio ambiente; en el art. 284 en el cual se incentiva a la conservación y restauración de diferentes ecosistemas y entre ellos al páramo.

- **Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021**

La presente investigación se enmarca en el objetivo 3 del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, donde menciona “garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones”.

Además este estudio se enmarca en los siguientes objetivo: Objetivos del Milenio de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), cuyo objetivo número 7 manifiesta “Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente” (Organización de las Naciones Unidas, 2000), además el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) en sus objetivos de Desarrollo Sostenible, objetivo 7: Vida en la tierra menciona “Los Objetivos de Desarrollo Sostenible apuntan a conservar y recuperar el uso de ecosistemas terrestres como bosques, humedales, tierras áridas y montañas para 2020 (Organización de las Naciones Unidas, 2017). Además en el objetivo 7 del Plan

Nacional del Buen Vivir el Ecuador, manifiesta lo siguiente “Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017), también en las Políticas y Lineamientos Estratégicos de este objetivo en la sección 7.2, literal d manifiesta “ Impulsar el análisis de paisajes y la interacción socioeconómica del territorio en los procesos de planificación y de ordenamiento territorial, de manera articulada entre los diferentes niveles de Gobierno” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo , 2017).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Descripción del área de estudio

El área de estudio es el Páramo de Frailejones de Chalpatán, el cual se encuentra ubicado en la parroquia de Chitán de Navarrete, Cantón Montufar, Provincia del Carchi (Figura 2). Esta área presenta pendientes dominantes de entre 12 y 40%. Además, existen depósitos piroclásticos de acuerdo al mapa geológico (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Chitán de Navarrete, 2015).

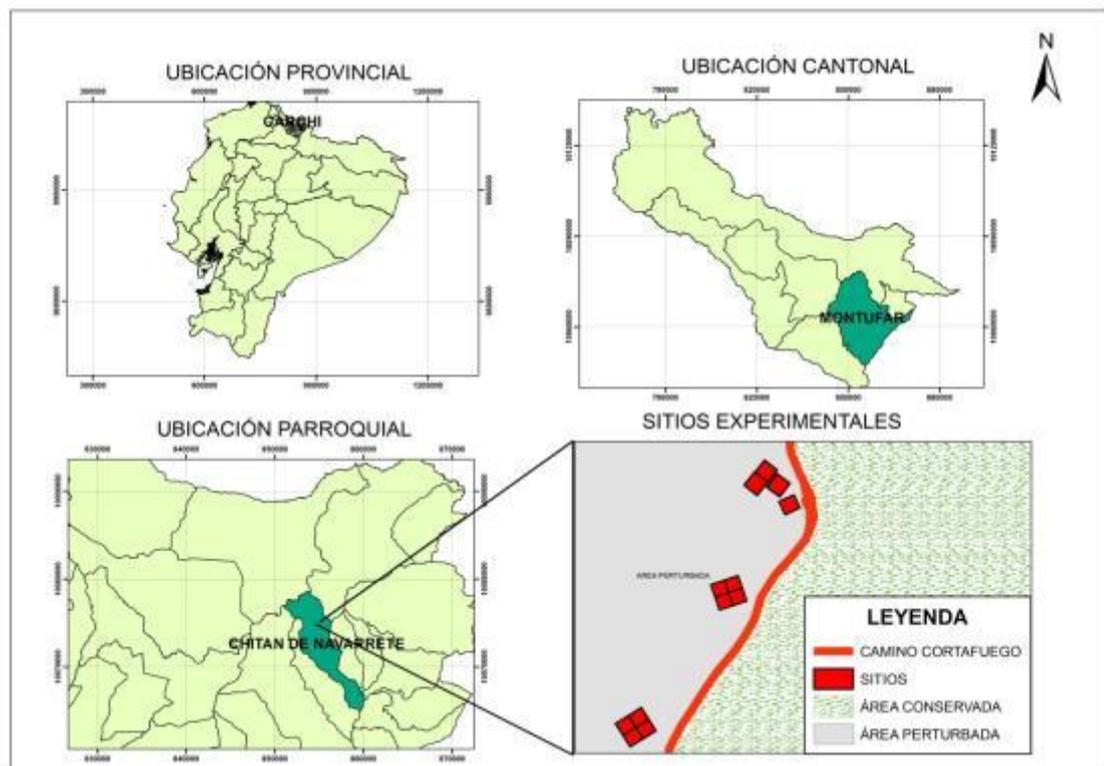


Figura 2. Ubicación del páramo de frailejones en Chalpatán, provincia del Carchi.

La vegetación que presenta este páramo es principalmente el frailejón, el cual es una especie del género *Espeletia sp.* (Asteraceae). Este género es muy diverso en los Andes del Norte de Ecuador. Los páramos en esta región, especialmente entre 3500 y 3700 m s.n.m., se caracterizan por estar densamente poblados por la sub especie endémica *Espeletia pycnophylla*, formando bosques. La flora característica del área es: *Hypericum*

laricifolium (Hypericaceae); *Hypericum empetrifolium* (Hypericaceae); *Oreopanax sodiroi* (Araliaceae); *Azorella sp.*(Apiaceae); *Espeletia pycnophylla* (Asteraceae); *Eriocaulon microcephalum* (Eriocaulaceae); *Calamagrostis spp*, *Agrostis sp*, *Stipalchu*, *Festucasp.* (Poaceae); *Polylepis pauta* y *P. incana* (Rosaceae) (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Chitán de Navarretes, 2015).

3.2 Materiales y equipos

Para llevar a cabo esta investigación se utilizaron diferentes materiales y equipos como se encuentra detallado en la Tabla 1.

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados

Materiales de campo	Equipos de oficina	Insumos	Software
Plantas nativas	Libreta de campo	Mano de obra para el hoyado	Arc.GIS
Flexómetro	GPS	Mano de obra para el cercamiento	Microsoft Excel
Lana para el marcaje de las plantas	Cámara digital	Mano de obra para la plantación	Past
MangueraPVC (Etiquetas)	Laptop	Mano de obra para preparación del terreno (Parches)	
Hoyadora	Impresora		
Pala	Transporte		
Piola plástica	Alimentación		
Estacas de 80 cm	Memory Flash		
Rótulos			
Botas de caucho			
Impermeable			
Azada			
Insumos de oficina			

3.3 Métodos

Para la metodología se ejecutó de acuerdo a cada uno de los objetivos.

3.3.1. Identificación de sitios de establecimiento de ensayos de restauración

Para realizar este objetivo se llevaron a cabo salidas de campo en las cuales se tomaron puntos con GPS y se consideraron tres criterios, lo que permitió identificar los sitios para el establecimiento de los ensayos de restauración. Los criterios que se consideraron fueron los siguientes:

- **Criterios de selección**

Es de suma importancia considerar criterios de selección de áreas que se desea restaurar. Se realizaron dos salidas de campo para la identificación de áreas adecuadas para el establecimiento de ensayos de restauración en el ecosistema páramo de frailejones. Se utilizaron los siguientes criterios de selección de las áreas para el establecimiento de los ensayos de restauración:

- *Criterio de accesibilidad.*- Se identificaron sitios que tuvieran accesibilidad. Es decir, que constarán con vías o caminos de acceso, lo cual permitió la facilidad de logística. Lo cual, permitió el transporte de los materiales e insumos, además, facilitó la fase de monitoreo y con ello garantizó el éxito de la ejecución del proyecto (Vargas, 2007).
- *Criterio de referencia.*- El ecosistema de referencia es de suma importancia para la restauración de ecosistemas ya que sirvió como una guía o una imagen viva para la restauración del ecosistema degradado. Además, se posee ventajas si este se encuentra cerca de las áreas piloto a restaurar, como determinar las especies que se utilizó en las estrategias de restauración (Vargas, 2011).
- *Criterio ecológico.*- Para este criterio se consideró una priorización de hábitat para la conservación o restauración, esto se refiere a la presencia de humedal,

bosque nativo, especies vegetales o animales endémicas (Gonzales, Plascencia y Martínez; 2016).

3.3.2. Implementación de estrategias de restauración ecológica

Para el cumplimiento del segundo objetivo se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- **Identificación de estrategias de restauración ecológica**

Para la identificación de estrategias se realizó una búsqueda bibliográfica de investigaciones realizadas en el Ecuador y en el ecosistema páramo (Rojas, 2013) y (Aguirre, Torres y Velasco, 2014), por lo tanto se establecieron cuatro estrategias de restauración las cuales son:

1. Introducción de especies nativas. Esta estrategia consiste en sembrar las especies de *Polilepys incana* sin ninguna configuración geométrica.
2. Densidad. Consiste en sembrar yagual (*Polilepys incana*) a una distancia aproximada de 2 metros similar a la configuración geométrica de plantaciones forestales cuadrada.
3. Regeneración natural. Se realizó la selección al azar de individuos del genero *Hypericum* sp. que se encontraban en los sitios perturbados por incendio las cuales solamente fueron etiquetados.
4. Traslado de parches de vegetación.- Para esta estrategia se tomó parches de 40x40x40 del área conservada para posteriormente ser plantadas en los sitios de establecimiento de los ensayos.

- **Especies de plantas utilizadas en la implementación de los ensayos de restauración**

Para la selección de las especies, se observó que plantas se desarrollaban en el ecosistema de referencia y posteriormente procedió a revisar bibliografía con el fin de obtener información sobre el crecimiento de las plantas y cuales fueron utilizadas en estudios similares de restauración ecológica (Cabrera y Ramírez, 2014) y (Aguirre et al., 2014), con ello se utilizaron las siguientes especies:

- *Polylepis incana* K., es un árbol nativo de Ecuador de hasta 8 metros de altura. Kürschner y Parolly (2005), manifiestan que existen comunidades de esta especie en bosque alto andino de Papallacta entre los 3500 a 4000 m.s.n.m. (Figura 3).



Figura 3. *Polylepis incana*

- *Hypericum laricifolium* J., es un arbusto pequeño de hasta 2 metros de alto, esta especie se encuentra distribuida en páramos de Venezuela, Colombia y Ecuador entre los 2 200 a 4 300 m s.n.m. (El-Seedi, Ringbom, Torssell y Bohlin, 2003). Además, Sarmiento, Llambí, Escalona y Marquez (2003), mencionan que es una especie dominante en áreas en etapas avanzadas de sucesión secundaria (Figura 4).



Figura 4. *Hypericum laricifolium*

- *Hypericum empetrifolium* W., es una planta endémica de páramo (Figura 5). Esta especie tiene la capacidad de perder poca agua debido a las pequeñas hojas que posee y además soporta la alta irradiación (León, 2000)



Figura 5. *Hypericum empetrifolium*

- **Adecuaciones de los sitios para la implementación de los ensayos de restauración**

Para realizar las adecuaciones de los sitios se procedió a dividir el área en tres zonas de acuerdo a su actitud: parte alta, media y baja siguiendo la pendiente relativa de terreno y en cada zona se establecieron cuatro estrategias diferentes en parcelas de aproximadamente 10 x10 metros delimitados con cuerda plástica. Para las estrategias de introducción de plantas nativas y densidad se procedió al hoyado en cada área

destinada para cada estrategia, el hoyo fue de aproximadamente 30 centímetros de profundidad. Para la estrategia traslado de parches, se realizó la extracción de plantas del ecosistema de referencias, causando el menor impacto en las raíces con una porción de suelo de 1600 cm² (40cm x 40 cm) alrededor de la planta, con una profundidad de 40 cm y a una distancia 10 metros aproximadamente entre cada parche extraído. Finalmente, para la estrategia de regeneración natural no fue necesaria la adecuación de sitio.

- **Implementación de las estrategias**

Para la implementación se procedió a la siembra de las plantas. Posteriormente, se colocaron letreros en cada una de las estrategias, para ello se consideró una nomenclatura única como se observa en la Tabla 2. La nomenclatura son siglas que se encuentran representadas por la letra E de estrategia y números del 1 al 4, seguido de abreviaciones de la actitud, la cual es la posición relativa de las estrategias respecto a la pendiente del terreno: Alta (PA), Media (PM), Baja (PB). Finalmente, las abreviaturas de las estrategias: Introducción de especies nativas (P), Reubicación de parche (Pa), Regeneración natural (RN). Por ejemplo la nomenclatura de E2PMPa: E2 (estrategia 2), PM (parte media), Pa (reubicación de parche). Además, se procedió al etiquetado a cada una de las plantas utilizando una nomenclatura y enumerando único, esto con el fin de una fácil identificación en la toma de datos.

Tabla 2. Nomenclatura de las estrategias de restauración.

E: Estrategias Actitud	Introducción de especies nativas P	Reubicación de parche Pa	Regeneración Natural RN	Densidad Pd
PA: Alta	E1PAP	E2PAPa	E3PARN	E4PAPd
PM: Media	E1PMP	E2PMPa	E3PMRN	E4PMPd
PB: Baja	E1PBP	E2PBPa	E3PBRN	E4PBPd

3.3.3. Evaluación de la efectividad de las estrategias

Para ejecutar este objetivo se evaluó la efectividad mediante la comparación de los procesos de sucesión ecológica considerando el crecimiento y supervivencia de las especies plantadas.

- **Medición de incremento de altura (Crecimiento)**

Durante 12 meses se realizó la medición de las plantas con la ayuda del flexómetro. La medición se realizó en monitores con una frecuencia mensual, considerando la pendiente. Para la toma de datos en el sitio se utilizó la ficha de campo (Tabla 3). Posteriormente, los datos de las mediciones de las plantas fueron ingresados en los programas Microsoft Excel y Past, con los cuales se ejecutó el análisis estadístico de regresión lineal simple, el que tiene como finalidad conseguir una ecuación y el coeficiente de determinación, los cuales permitieron obtener un modelo de crecimiento y de tendencia de crecimiento. Sin embargo, cuando el coeficiente de determinación no era apropiado, es decir, era menor al 0,75 se aplicó regresión logarítmica, con ello se determinó si el estudio realizado poseía potencial en la tendencia de crecimiento (Vila, Sedano, López y Juan, 2004), para ello se relacionó las variables de crecimiento en altura y los meses de monitoreo.

Posteriormente, se realizó la normalidad de los datos, en la que se obtuvo que los datos son no normales, debido a que se encuentra en un ecosistema nativo y las condiciones climáticas y edáficas no son regulares. Por esta razón, se realizó la correlación de Spearman, la cual tuvo la finalidad de cuantificar la intensidad de la relación que existe entre las dos variables: crecimiento y tiempo de monitoreo, obteniendo un valor que oscila entre -1 y 1 (Vila, Sedano, López y Juan, 2004).

Luego, se elaboró el análisis de la U de Mann-Whitney, una prueba no paramétrica, cuya finalidad fue comparar las medias de los datos de crecimiento de dos estrategias con la misma especie y actitud para probar la diferencia y significancia que poseen estas comparaciones (Shuler y Kargi, 2002). Para ellos se realizó un análisis estadístico de tipo inferencial, es decir, se aceptó o se rechazó la hipótesis nula: las especies nativas plantadas son aptas para la restauración ecológica considerando la actitud de la pendiente, lo que automáticamente se aceptó o rechazó la hipótesis alternativa: Las especies plantadas no son aptas para la restauración ecológica considerando la actitud

de la pendiente. Lo que permitió conocer la significancia y la hipótesis aceptada en cada relación.

- **Medición de supervivencia**

Los datos de supervivencia y crecimiento fueron recopilados a través de la ficha de campo (Tabla 3), la cual permitió organizar la información necesaria en los monitoreos mensuales como la verificación visual y su posterior clasificación de las plantas en vivas o muertas.

Tabla 3. Descripción general de la ficha de campo que se utilizó en los monitoreos.

Campo	Descripción	Rango
Fecha	Fecha de la toma de datos de campo	Día/Mes/Año
Sitio	Tratamiento que se va a medir	Perturbado
Actitud	Posición relativa al área de estudio	Alta, Media y Baja
Estrategia	Cada tratamiento cuenta con 4 ensayos diferentes	Introducción de especies nativas, Densidad <i>Polilepys incana</i> , Regeneración natural, Reubicación de parches de vegetación
Especie	Nombre científico de la especie plantada	Tres Especies: <i>Polilepys incana</i> , <i>Hypericum laricifolium</i> e <i>Hypericum empetrifolium</i> .
Código	Nomenclatura única asignada a cada plantada para ser identificada y monitoreada	Sitio perturbado: EPA, EPM, EPB (Estudio. Perturbado, Actitud [Alta, Media, o Baja]).
Estado	Muerta o Viva	1 viva, 0 muerta
Altura Total	Medición desde el suelo hasta el ápice mayor medida en (cm)	> 0 centímetros
Observaciones	Característica inusual en las plantas	Casi- muerta o muerta

Fuente: (Chamblas, 2015)

Para el análisis de supervivencia se utilizó la función de KAPLAN-MEIER, que fue introducida por Edward Kaplan y Paul Meier en 1958. Este análisis consiste en una curva de supervivencia escalonada con datos discretos que añade información que se

produce en cada muerte, mostrando sus resultados en gráficos de línea continua, que muestra una distribución de la supervivencia en el tiempo (Crawley, 2007).

La curva de supervivencia de Kaplan- Meier permite conocer qué estrategia posee una mayor mortalidad. Además, para la clasificación se realizó según Román, Levy, Aronson, Rodrigues y Castellanos (2012): "Excelente" cuando la tasa de supervivencia fue 76% - 100%, "buena" cuando 51% - 75%, "moderada" cuando 26% - 50%, y "mala" cuando es menor o igual al 25% .

La función de KAPLAN-MEIER se presenta a continuación:

$$\hat{S}_{KM} = \prod_{t_i < t} \frac{r(t_i) - d(t_i)}{r(t_i)}$$

Donde

$r(t_i)$:Plantas vivas

$d(t_i)$:Plantas muertas

$t_i < t$: *Tiempo de medición*

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Identificación de sitios para el establecimiento de ensayos de restauración

Se identificaron los sitios para la implementación de las estrategias de restauración, considerando los tres criterios: accesibilidad, de referencia y ecológico como se detalla a continuación:

- **Criterio de accesibilidad.** Los sitios identificados se encuentran a 4 metros de un camino corta fuego, el cual está a 15 metros aproximadamente de un camino terciario que atraviesa una hacienda. Este camino se conecta con una carretera de segundo orden (Figura 6).

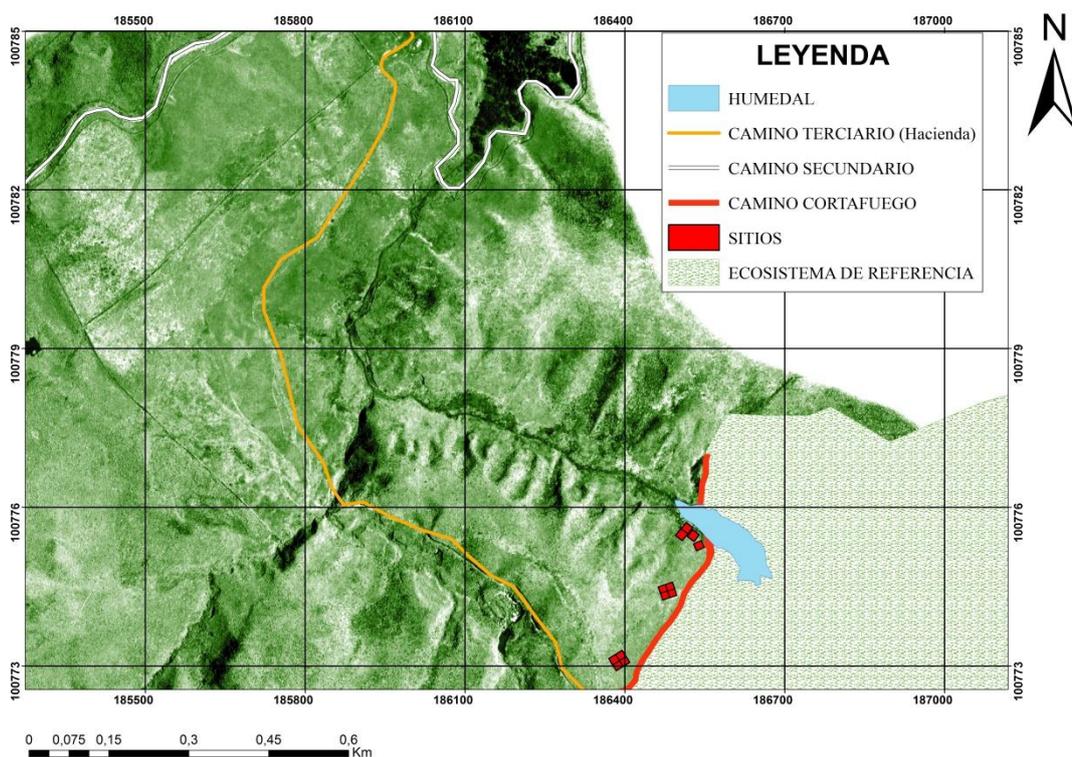


Figura 6. Ubicación de los sitios de restauración considerando el criterio de accesibilidad.

- **Criterio de referencia.** El ecosistema de referencia se encuentra a cuatro metros de los sitios donde se establecieron los ensayos de restauración, estos cuatro metros de separación consisten en un camino cortafuego (Figura 7).

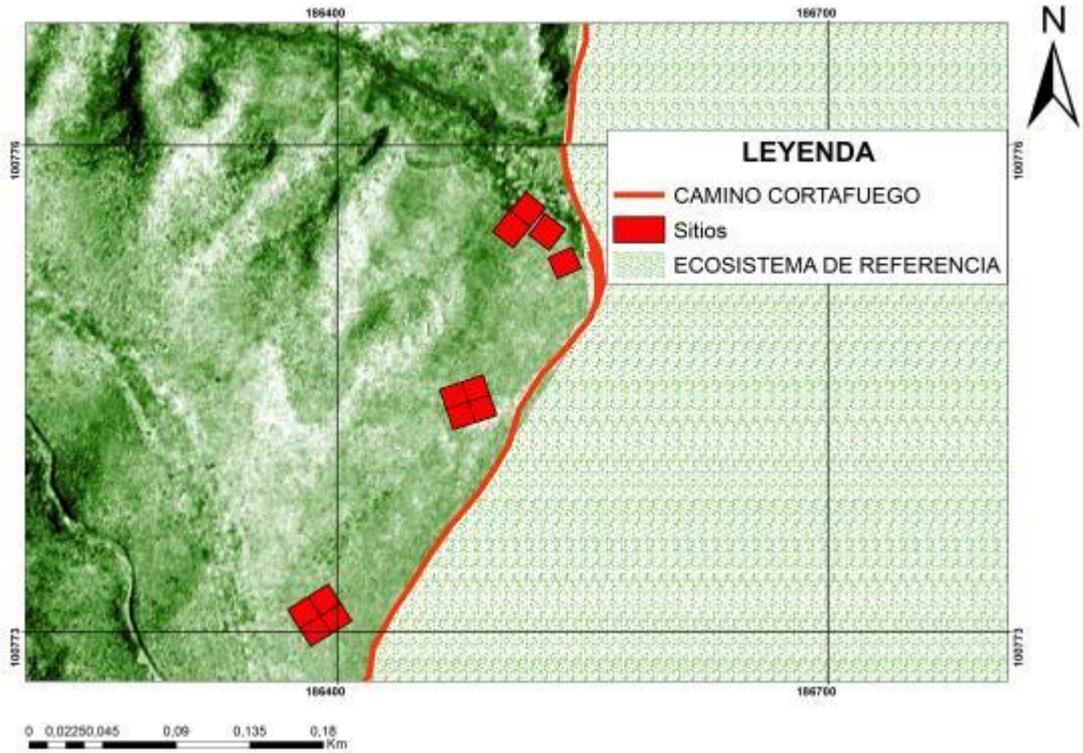


Figura 7.- Ubicación de los sitios de restauración considerando el criterio de referencia.

- **Criterio ecológico.** En el páramo de frailejones se identificó la presencia de un humedal (Figura 8), lo cual se consideró como un hábitat de priorización para la conservación y restauración del ecosistema, este es beneficiado por la vegetación existente como *Calamagrostis intermedia* (Paja) y *Espeletia pycnophylla* (Frilejones). Estas especies ayudan a la captación y regulación hídrica de las precipitaciones mayores a 3000 mm al año (Hofstede et al., 2014).

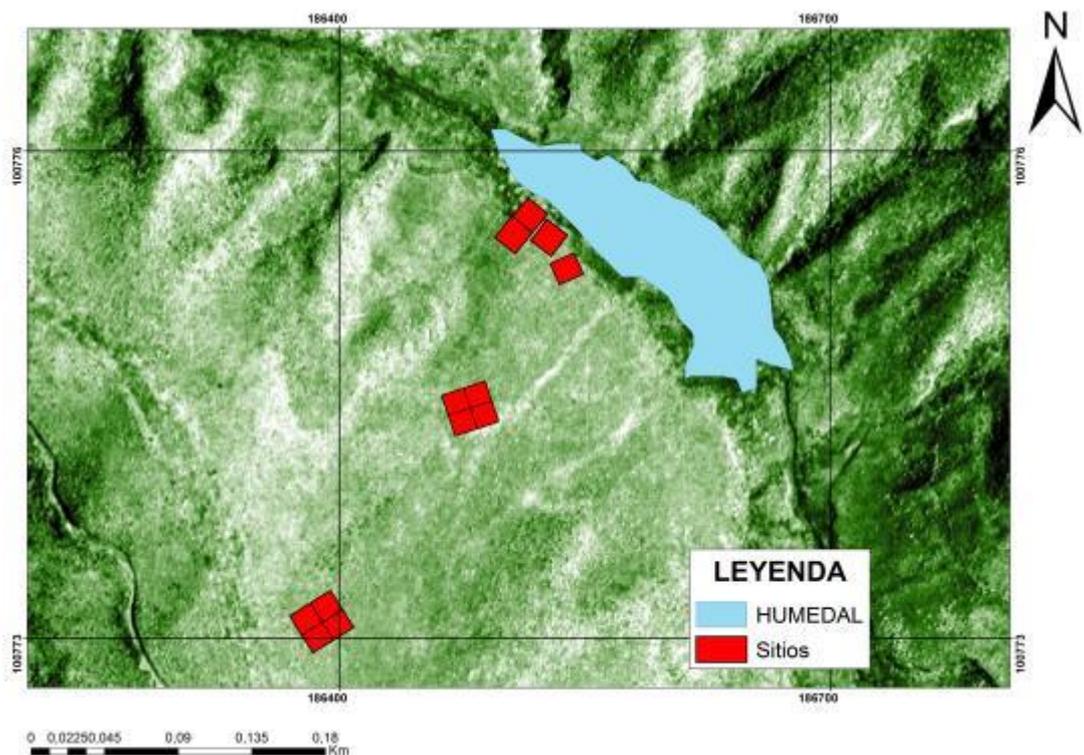


Figura 8. Ubicación de los sitios de restauración considerando el criterio ecológico.

Se identificaron doce sitios claves para la implementación de las estrategias, de acuerdo a los criterios de: i) accesibilidad, es decir, existe caminos que llegan hasta el área a restaurar; ii) el ecosistema de referencia, el cual se encuentra a cuatro metros de las áreas claves, y iii) el ecológico, se encuentra un humedal cerca de los sitios a restaurar (Figura 9). Sin embargo, existen otros criterios para determinar las áreas o sitios a restaurar, como es el caso de Adame, Hermoso, Perhans, Lovelock y Herrera (2014), quienes consideran los criterios: ecológico, económico y social, para seleccionar áreas rentables para restaurar, basándose en la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. En este estudio, la identificación de las áreas a restaurar de acuerdo a los criterios usados, permite tener un mayor éxito en la ejecución del proyecto, debido a que se consideró como principal punto lo económico, en el que toma en cuenta la rentabilidad y viabilidad de culminar el proyecto de investigación y como consiguiente tener éxito en la restauración beneficiando a la sociedad.

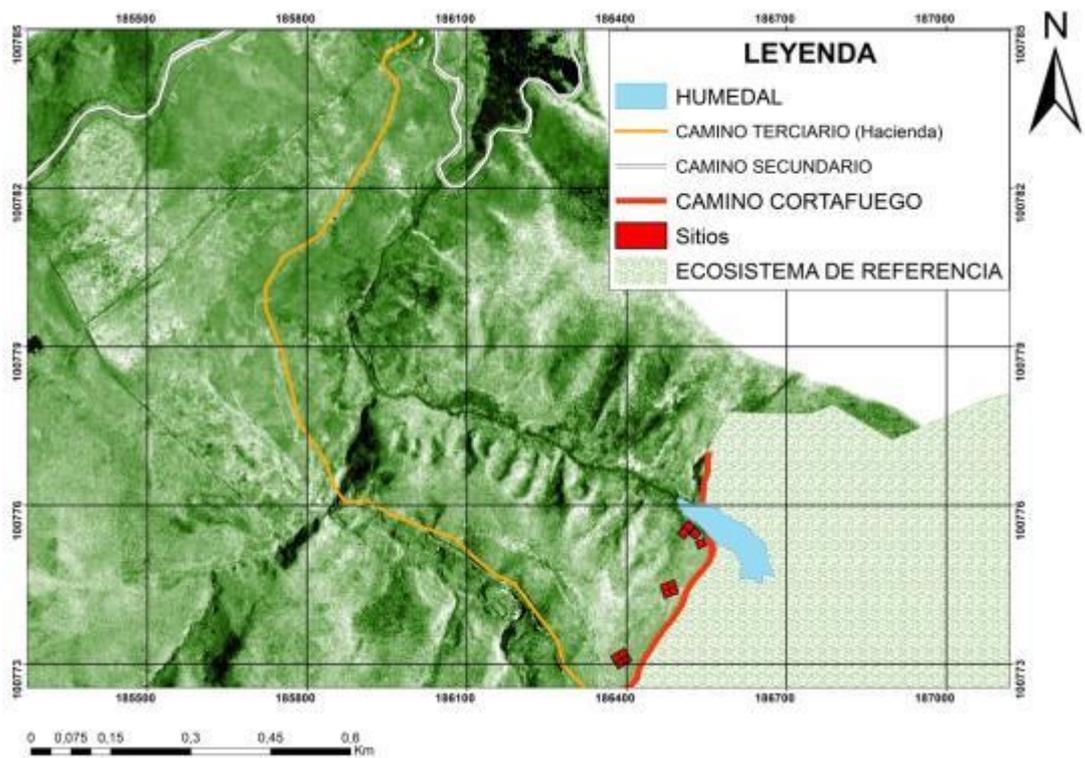


Figura 9. Sitios para el establecimiento de ensayos de restauración considerando los tres criterios.

4.2. Implementación de las estrategias de restauración ecológica

Para la implementación de las estrategias se consideró la actitud de la pendiente: alta, media y baja (Figura 10).

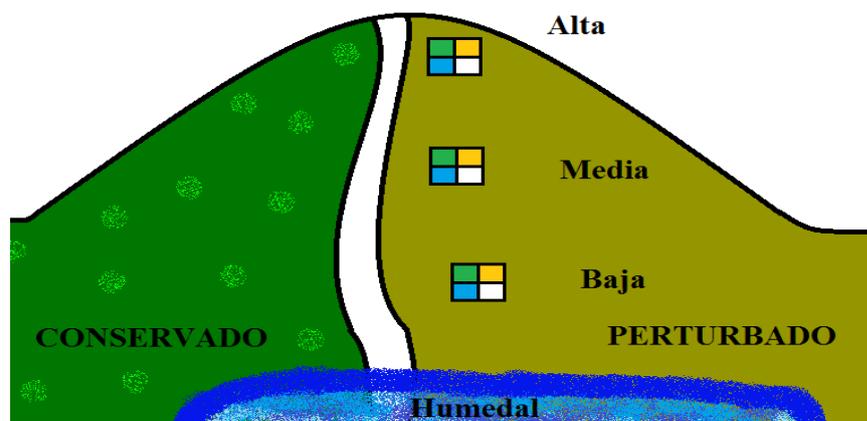


Figura 10. Ubicación de los 12 sitios claves para la restauración de acuerdo a la actitud de la pendiente.

Para la implementación de las estrategias fueron utilizadas tres especies de flora: *Polilepys incana*, para las estrategias de introducción de especies nativas con dos diferentes densidades de plantación y las especies de plantas *Hypericum laricifolium* e *Hypericum empetrifolium*, para las estrategias traslado de parches y regeneración natural, respectivamente. Sin embargo, un factor limitante de la restauración ecológica es la disponibilidad de plantas y las condiciones ambientales. En cuanto a la disponibilidad de plantas, cuando existe un déficit de plantas nativas es recomendable producir las plantas en viveros (Meli y Carballido, 2011). Además, Cabrera y Ramírez (2014), mencionan que es necesario que las especies de plantas se encuentren en el área a restaurar o estén disponibles en los viveros locales, con el objetivo de poder propagar fácilmente las especies seleccionadas para la restauración. Además, dependiendo de las condiciones ambientales, en el caso del ecosistema de páramo de frailejones las condiciones son extremas: alta incidencia de radiación solar y variaciones de temperatura en el día y en la noche. En resumen las condiciones son: “verano todos los días, invierno todas las noches” (Hedberg y Hedberg, 1979) lo que hace de la restauración ecológica un gran reto.

Por lo cual se distribuyeron el número de plantas disponibles para la implementación de los ensayos de restauración de la siguiente manera (Tabla 3) y (Figura 11):

Tabla 3. Especies de plantas que se utilizaron en la implementación de las cuatro estrategias

Estrategias	Introducción de especies nativas (P)	Densidad (Pd)	Regeneración Natural (RN)	Reubicación de parche (Pa)
<i>Polilepys incana</i>	60 plantas	60 plantas	-	-
<i>Hypericum laricifolium</i>	-	-	30 plantas	30 plantas
<i>Hypericum empetrifolium</i>	-	-	30 plantas	30 plantas
Sub-Total	60 plantas	60 plantas	60 plantas	60 plantas
Total de plantas		240 plantas		

Las plantas fueron distribuidas en la parte alta, media y baja para cada una de las estrategias en la configuración que se observa en la figura 11.

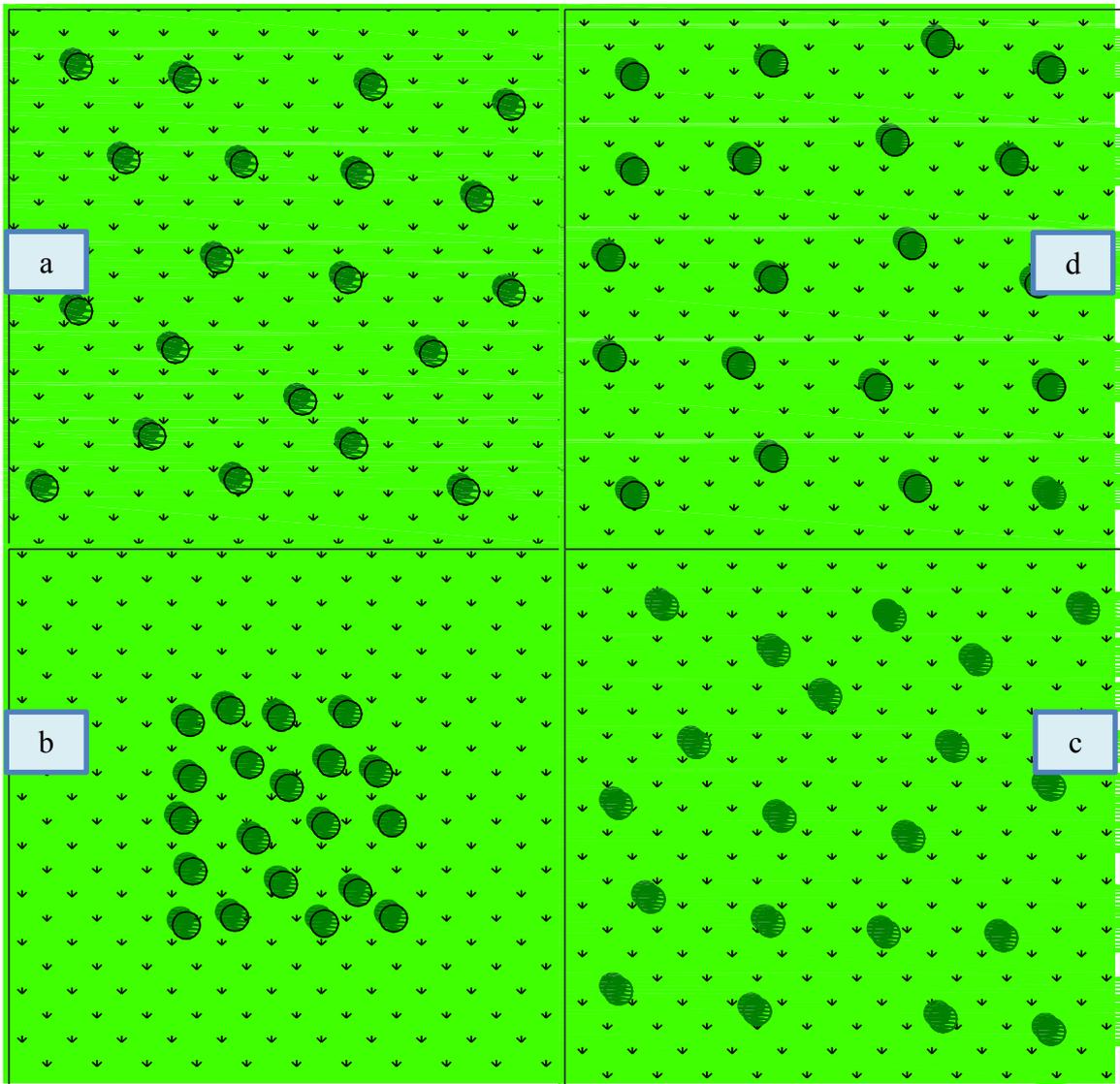


Figura 11. Distribución de las plantas en la implementación de las estrategias: a.- Introducción de especies nativas, b.- Reubicación de parche, c.- Regeneración natural y d.- Densidad relación de la disponibilidad de plantas y estrategias para la parte alta, media y baja del área de estudio. Re implementación.

- **Introducción de especies nativas**

Se utilizó 20 individuos la especie *Polylepis incana* en la implementación de la estrategia de introducción de especies nativas (Figura 12), ya que esta especie ha sido

utilizada en programas de restauración y reforestación desde hace más de una década. En páramos aledaños del volcán Antisana en el Ecuador, Aguirre, et.al (2014), manifiesta que el *Polylepis incana* posee una fase de adaptación de dos años para ver un crecimiento significativo en tamaño debido a las condiciones ambientales del páramo, a pesar de que exista buena cantidad de luz solar y humedad, el frío incide directamente en el crecimiento de la especie.

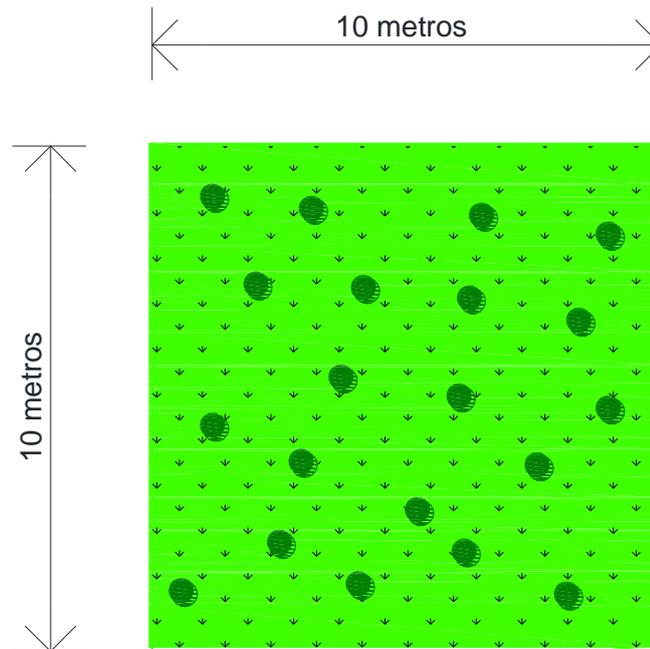


Figura 12. Distribución de las 20 plantas de *Polylepis incana* implementadas en la estrategia de introducción de especies nativas.

- **Estrategia reubicación de parches**

La implementación de reubicación de parches de vegetación fue implementada con 20 plantas por cada sitio de ensayo (Figura13), con especies propias de páramo de frailejones, tales como: *Hypericum laricifolium* e *Hypericum empetrifolium*. Rojas (2013), realizó un estudio de enriquecimiento con especies nativas en áreas destinadas a la ganadería, las cuales limitaban con el Parque Natural Chingaza en Colombia. En dicho estudio se aplicó el traslado de parches como estrategia, se implementaron ensayos que utilizaron especies de plantas nativas de páramo como *Espeletia grandiflora* y *Calamagrostis effusa*. Por lo tanto, el traslado de parches es una estrategia

usada en múltiples ecosistemas y ambientes desde la última década del siglo XX, considerando esta estrategia prometedora para ambientes que han sido modificados por fenómenos naturales o antrópicos donde los procesos de regeneración natural son lentos (Conlin y Ebersole, 2001).

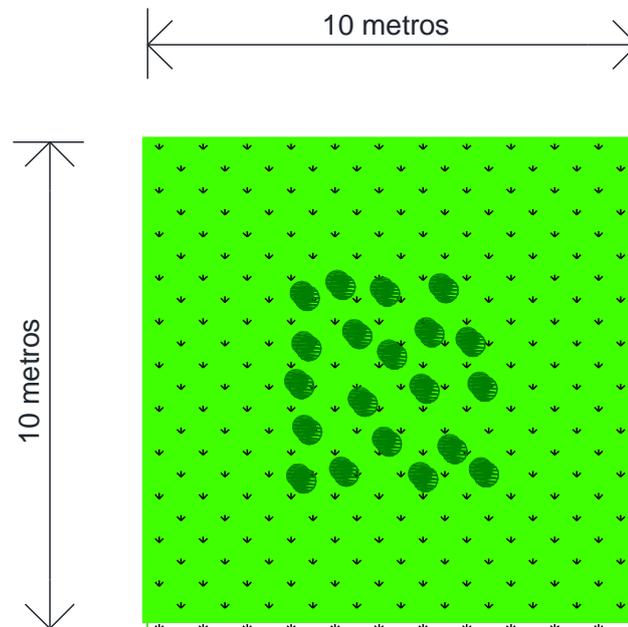


Figura 13. Implementación de las 20 plantas del género *Hypericum* sp en la estrategia reubicación de parches.

La estrategia de reubicación de parches posee un amplio panorama de aplicación en el ecosistema páramo en general, con el fin de enriquecer la diversidad florísticas de zonas perturbadas por incendios y ganadería.

- **Estrategia regeneración natural**

La regeneración natural como estrategia de restauración ecológica permite evaluar cuales especies son pioneras en un ecosistema perturbado. En el caso del páramo de frailejones se implementó cuadrantes en donde se eligieron al azar 20 plantas (Figura 14), del género *Hypericum* (*Hypericum laricifolium* e *Hypericum empetrifolium*). En la Cuenca del Tunjuelo – Colombia, en áreas post-incendio, se identificó que la primera etapa de regeneración en páramos perturbados por incendios están asociados

mayoritariamente a especies del género *Hypericum* (*H. juniperinum* e *H. myricifolium*), debido a que las semillas de estas especies son propagadas fácilmente por fenómenos como la lluvia y el viento, incluyendo su rápido crecimiento (Cabrera y Ramírez, 2014). Por consiguiente, la regeneración natural se puede utilizar como línea base para la formulación de estrategias más efectivas para la restauración ecológica, sin embargo para lo cual es necesaria más investigación relacionada a la restauración ecológica.

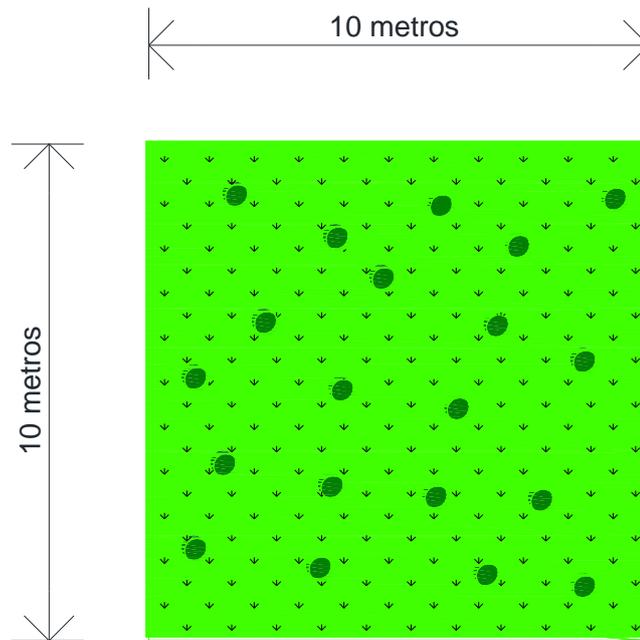


Figura 14. Estrategia de regeneración natural, implementada con 20 plantas del genero *Hypericum* sp.

- **Estrategia densidad**

Se utilizó 20 plantas de la especie *Polylepis incana* en la implementación de la estrategia introducción de especie en densidad (Figura 15), basándose en la densidad de plantación forestal a una distancia aproximadamente de 2 metros entre plantas. Esta configuración espacial ha sido utilizada en programas y proyectos de reforestación con especies como *Polylepis rasemosa*, *Alnus acuminata*, *Buddleja incana* entre otras especies.

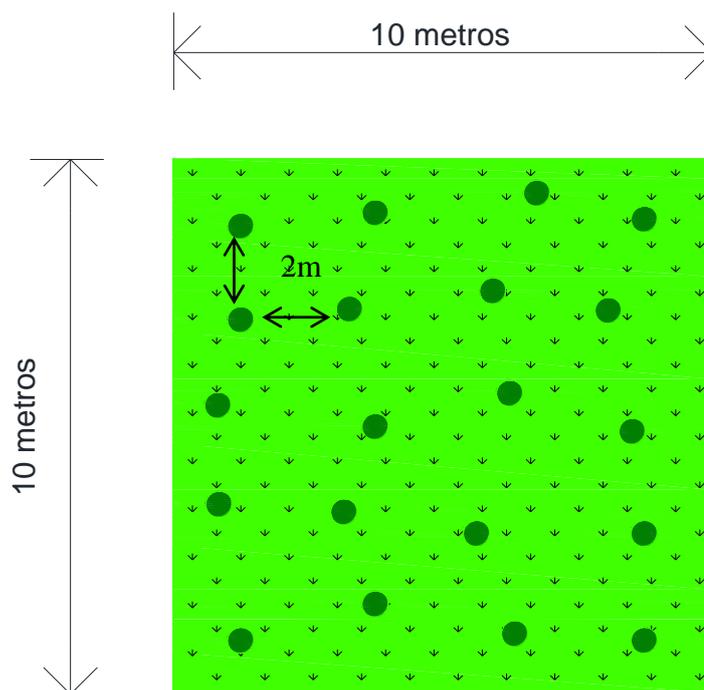


Figura 15. Aproximación grafica (2 x 2 metros) en la implementación y distribución de 20 plantas de *Polylepis incana* en la estrategia densidad.

4.3. Evaluación la efectividad de las estrategias de restauración implementadas

Se evaluó mediante la comparación de los procesos de sucesión ecológica considerando el crecimiento y supervivencia de las especies plantadas.

Para determinar la efectividad de las estrategias se dividió en dos partes: crecimiento y supervivencia.

- **Crecimiento**

En relación al crecimiento de las especies plantadas se determinó que todas las estrategias son aptas para la restauración ecológica debido a que el coeficiente de determinación y de correlación se aproxima a la unidad (1), es decir, el desarrollo de las estrategias fue eficiente (Tabla 4).

Tabla 4. Relación y fuerza de la relación en cada una de las estrategias.

Código de Estrategia	Coefficiente de determinación	Coefficiente de correlación	Ecuación
E1PAP	0,9643547	0,9694	$y = 2,2726\ln(x) + 36,695$
E2PAPa	0,9571189	0,9616	$y = 4,0217\ln(x) + 24,884$
E3PARN	0,9894814	0,9791	$y = 1,5722x + 24,959$
E1PMP	<u>0,7998612</u>	<u>0,8499</u>	$y = 2,6883\ln(x) + 34,17$
E2PMPa	<u>0,9898912</u>	<u>0,9799</u>	$y = 1,3599x + 54,548$
E3PMRN	0,9893961	0,9789	$y = 0,5663x + 34,283$
E4PMPd	0,8063437	0,8481	$y = 1,8623\ln(x) + 31,534$
<i>E1PBP</i>	0,8403242	0,9262	$y = 1,8568\ln(x) + 32,062$
<i>E2BPBa</i>	0,9187442	0,8441	$y = 0,7755x + 77,886$
<i>E3PBRN</i>	0,968165	0,9373	$y = 0,7367x + 19,096$
<i>E4BPBd</i>	0,9143029	0,8359	$y = 0,248x + 36,152$

En cuanto al análisis de la U de Mann-Whitney, se determinó que en la comparación de crecimiento de las especies en relación con la actitud, todas las estrategias poseen significancia por lo tanto son aptas para la restauración, en consecuencia se acepta la H_0 , sin embargo las estrategias que más se destacan son: E1PAP, E4PAPd, en la parte alta, E2PMPa, E3PMRN en la parte media y E2PMPa, E3PMRN en la parte baja con un valor de -4,1281, cabe destacar que en la U de Mann-Whitney se considera que entre menos valor tenga z es más fuerte la relación entre las variables que se están comprando (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis estadístico con la U de Mann Whitney

Actitud	Estrategias	U de Mann-Whitney (z)
Alta	E1PAP vs E4PAPd	<u>-4,1281</u>
	E2PAPa vs E3PARN	-1,6454
Media	E1PMP vs E4PMPd	-3,493
	E2PMPa vs E3PMRN	<u>-4,1281</u>
Baja	E1PBP vs E4BPBd	-4,0126
	E2BPBa vs E3PBRN	<u>-4,1281</u>

Con el dato de crecimiento de las especies plantadas en las diferentes estrategias de restauración, se estableció que todas poseen un rango similar de crecimiento óptimo.

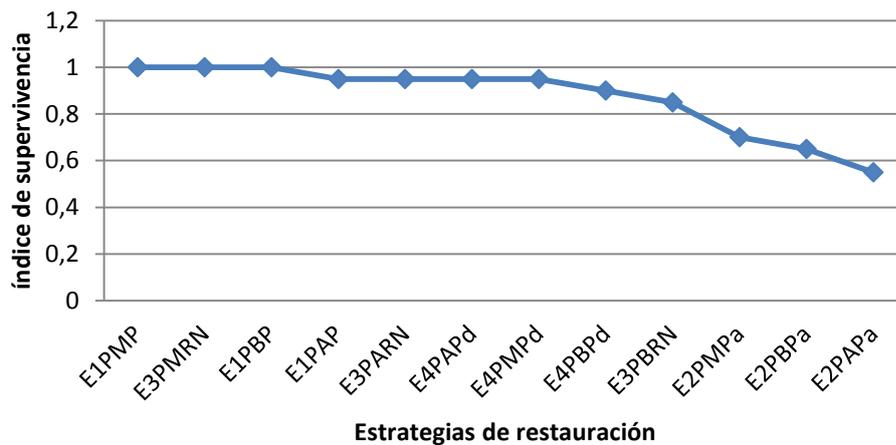
Por esta razón, se considera que todas las estrategias son aptas para la restauración. Sin embargo, la estrategia de traslado de parches con especies de *Hypericum sp.* posee un mayor índice de crecimiento, por tal razón es la estrategia que más se destaca. Hay que considerar que esta especie posee características especiales como perder poca agua por transpiración debido a las pequeñas hojas que posee y soportar la alta irradiación, todo esto le permiten tener un mejor desarrollo en su crecimiento (León, 2000).

Existen estudios como el de Gomes, Negreiros, Fernandes, Pires y Silvia (2018), en el cual implementaron las estrategias de translocación e introducción de especies nativas, en el que se consideraron los parámetros de crecimiento, supervivencia y reclutamiento, con ello se determinó que la translocación e introducción de especies nativas posee un buen desarrollo de crecimiento y supervivencia en los primeros cuatro años, tiempo en el cual las plantas se adaptan en el lugar restaurado.

Los análisis estadísticos de regresión, correlación y análisis U de withney proporcionaron información de la eficiencia para la restauración ecológica en el páramo de frailejones de las estrategias implementadas. Es decir, se puede considerar estas estrategias con las especies implementadas para futuros proyectos de restauración en el ecosistema de páramo de frailejones en Ecuador.

- **Supervivencia**

El análisis de supervivencia de Kaplan- Meier permitió determinar la resistencia a la adaptación que posee cada una de las estrategias. Se estableció que las estrategias que poseen mayor índice de supervivencia son las que se aproximan a la unidad, es decir a 1, por tal motivo las estrategias E1PMP, E3PMRN y E1PBP registraron el 100% de supervivencia. Sin embargo, las plantas que registraron el menor índice de supervivencia son las de la estrategia E2PAPa con 55% (Figura16).



Fig

Suj

estrategias de restauracion

implementadas en el
páramo de frailejones de Chalpatán.

Este análisis permitió observar que en los meses de febrero y marzo el índice de supervivencia disminuyó en las estrategias E1PAP, E3PARN y E2PAPa, es decir, en los meses antes mencionados aumentó la tasa de mortalidad de las especies plantadas en cada una de las estrategias de la parte alta (Figura 17).

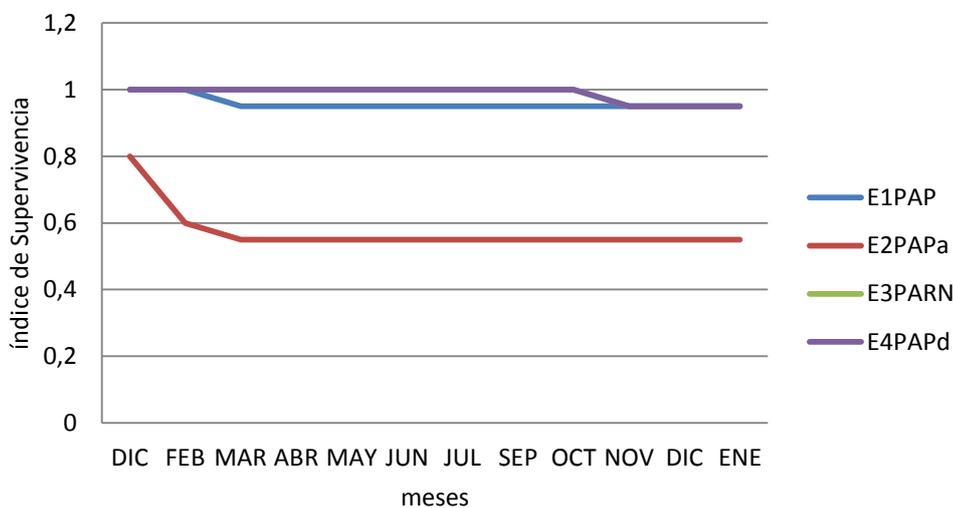


Figura 17. Supervivencia mensual de las plantas utilizadas en la implementación de las estrategias de restauración ubicadas en la parte alta.

En la parte media considerando la actitud de la pendiente se obtuvo que en los meses de febrero y abril disminuyó el índice de supervivencia en la estrategia E2PMPa, por otra

parte, la estrategia E4PMPd no posee ningún individuo muerto, manteniendo el índice de supervivencia en 1 (Figura 18).

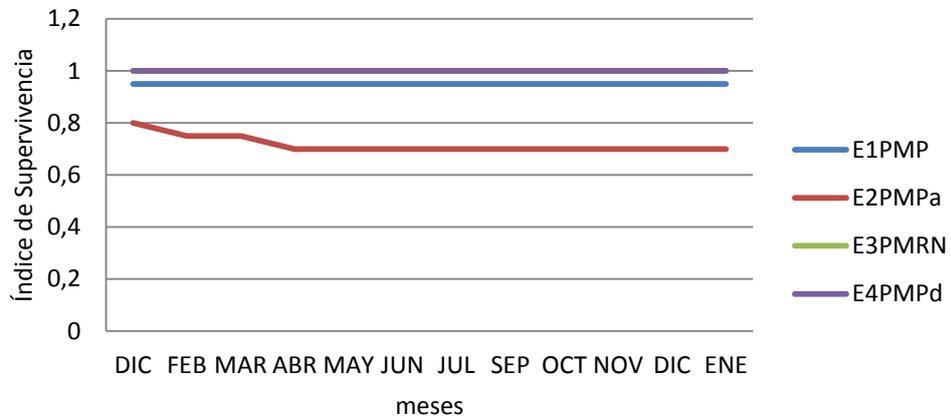


Figura 18. Supervivencia mensual de las plantas utilizadas en la implementación de las estrategias de restauración ubicadas en la parte media.

Finalmente, en la parte baja la estrategia E2PBPa presentó una disminución en el índice de supervivencia en los meses de febrero, junio y noviembre. Sin embargo, la estrategia E1PBP posee un índice de supervivencia de 1 en todos los meses monitoreados (Figura 19).

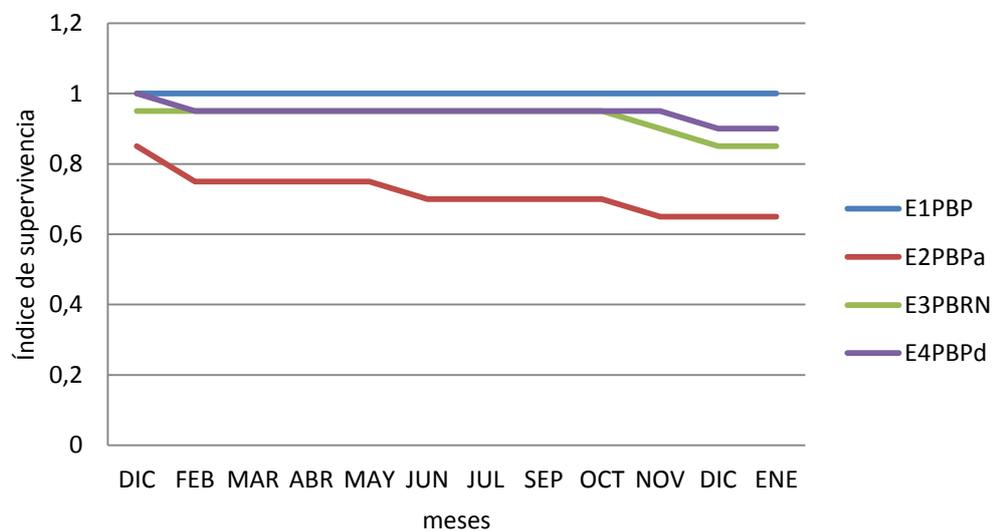


Figura 19. Supervivencia mensual de las plantas utilizadas en la implementación de las estrategias de restauración ubicadas en la parte baja.

Se obtuvo que todas las estrategias implementadas poseen entre buena y excelente supervivencia de acuerdo a la clasificación según Román et al. (2012) (Tabla 6).

Tabla 6. Porcentaje de supervivencia de las estrategias implementadas.

ESTRATEGIAS (E)	ALTA (PA)	MEDIA (PM)	BAJA (PB)	Total Estrategia (%)
Introducción de especies nativas (P)	95%	100%	100%	98%
Regeneración Natural (RN)	95%	100%	90%	95%
Densidad (Pd)	95%	95%	85%	92%
Traslado de Parches (Pa)	55%	70%	65%	63%
Total Actitud (%)	85%	91%	85%	

- **Introducción de especies nativas**

Cunalata (2014), evaluó la restauración ecológica activa en páramos a cuatro especies nativas forestales, en la comunidad Poatug, provincia de Tungurahua. Las especies que utilizadas fueron: arrayán (*Luna apiculata*), aliso (*Alnus acuminata*), yagual (*Polylepis incana*) y pumamaquí (*Oreopanax ecuadorensis*), utilizando 192 plantas en total. Se obtuvo que el porcentaje de supervivencia de *Luna apiculata* y *Alnus acuminata* fue del 100%, seguido de *Oreopanax ecuadorensis* con el 90% y finalmente *Polylepis incana* con el 89% de plantas que ha sobrevivido luego de 120 días posteriores a la siembra.

Narváez (2015), realizó un estudio relacionado a la supervivencia de plantas nativas en la provincia de Zamora Chinchipe, con especies nativas en la zona de transición de bosque a páramo, en este trabajo se utilizaron 3 especies de plantas: aliso (*Alnus acuminata*), cedro (*Cedrela montana*) y guayacán (*Tabebuia chrysantha*), en el que se sembró un total de 75 plantas por cada especie y se obtuvieron resultados como: el guayacán presentó el 81% de supervivencia, seguido del aliso con 41% y el cedro con 40%, el bajo índice de supervivencia consecuencia del estado de sucesión ecológica avanzada (arbustos) lo cual afectó a la supervivencia de las especies como consecuencia de la competencia de nutrientes y luz solar entre las plantas.

El presente estudio evaluó la introducción de especies nativas utilizando *Polylepys incana*, estrategia en la cual sobrevivieron el 98% de plantas sembradas (Tabla 6), lo que presenta resultados similares a los trabajos mencionados anteriormente se la puede considerar como un estrategia excelente para la restauración ecológica de acuerdo a (Román et al. 2012), sin embargo para la aplicación de esta estrategia es necesario considerar el estado de sucesión ecológica en el que se encuentra el ecosistema perturbado, para evitar la competencia con especies que ya se encuentran en los ecosistemas degradados como son las especies pioneras, las cuales se establecen luego de un disturbio.

- **Regeneración natural**

Estudios relacionados a la regeneración natural de ecosistemas alto-andinos post-incendios, está centrado en evaluar la riqueza de flora luego del disturbio como en el estudio que realizaron Fernández, Velasco, Guerrero, Galvis y Neri (2016), el trabajo consistió en 29 parcelas de 25 m², con la finalidad de evaluar la población de flora en sitios post-incendios en el oeste de la cordillera de Boyacá en Colombia, en donde se identificaron 1479 individuos en total, correspondientes a 46 especies y 22 familias.

En Ecuador Zhunio y Priscila (2017), evaluaron la regeneración natural en ecosistemas alto-andinos de la provincia de Azuay, con la finalidad de calcular la riqueza florística en 27 parcelas permanente de 500 m² cada una, en donde se identificó 178 géneros, 111 especies y 67 familias botánicas entre plantas herbáceas y leñosas. Estudios como de Chisag (2015), también valoran la riqueza florística dentro del Parque Nacional Cotopaxi en áreas post-incendios después de un año del disturbio. También Caranqui y Suárez (2016), analizaron la regeneración natural de páramo de Tamboloma (Provincia de Tungurahua) luego de la explotación de pino (*pinus radiata*).

En contraste a los estudios anteriores, el presente trabajo evalúa desde un punto de vista más puntual, la regeneración natural obtuvo que, el 95% de plantas (*Hypericum*

laricifolium y *Hypericum empetrifolium*) seleccionadas al azar, sobrevivieron luego de un año de monitoreo (Tabla 6), lo que evidencia que estas especies de flora son óptimas para determinar la supervivencia de las plantas en concisiones post incendios. Además, Román et al. (2012), menciona que es una excelente tasa de supervivencia si el porcentaje se encuentra entre el 76% y 100%. Por lo tanto, la estrategia de restauración ecológica dentro es una de las estrategias más óptimas para la restauración de páramo de frailejones perturbado por incendios.

- **Densidad**

La estrategia Densidad obtuvo el 92% de supervivencia que se encuentra dentro del rango de excelente de acuerdo a (Román et al., 2012). Rojas (2013), en Colombia implementa la estrategia Densidad en donde se evidenció que, luego de 24 meses de monitoreo, el porcentaje de supervivencia de macollas de pajonal fue del 100% de la plantas reubicadas (576) y de *Espeletia grandiflora* sobrevivieron el 74 % de plantas reubicadas (600). No obstante, en Ecuador esta estrategia ha sido utilizada en proyectos de reforestación en mayor parte realizados por Gobiernos Autónomos Descentralizados que no han realizado ningún tipo de seguimiento a las zonas reforestadas. En definitiva la estrategia Densidad es excelente tanto en el presente trabajo como en el de Rojas (2013), en ecosistemas de paramo.

- **Traslado de parches**

Por otra parte, en el Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia de Rojas (2013), desarrolló la reubicación de plantas (Traslado de parches), así como también la posterior siembra de plantas en una configuración espacial (Densidad) de aproximadamente 50 x 50 centímetros, para el enriquecimiento de zonas degradadas de páramo, para lo cual se utilizó macollas de pajonal y *Espeletia grandiflora*. Se evidenció luego de 24 meses de monitoreo, el porcentaje de supervivencia de macollas de pajonal fue del 100% de la plantas reubicadas (576) y de *Espeletia grandiflora* sobrevivieron el 74 % de plantas reubicadas (600). Además de verificar que la reubicación de *Espeletia grandiflora* está asociada con otras especies: *Hypericum sp.* y *Paepalanthus alpinus* .

En otro estudio realizado en la zona norte de Ecuador, en la provincia del Carchi, Puetate (2017), trasladó plantas nativas (Traslado de parches) de: *Weinmannia rollottii*, *Weinmannia fagaroides*, *Prunus huantensis* y *Ocotea infrafadeolata* y las sembró en una configuración espacial (Densidad) de 30 x 30 centímetros aproximadamente donde evaluó la supervivencia de estas especies. La especie con mayor tasa de supervivencia fue *Ocotea infrafadeolata* con 56%, *Weinmannia rollottii* con 43%, luego *Prunus huantensis* con el 35% y finalmente la especie *Weinmannia fagaroides* con 26%, la cual fue la baja tasa de supervivencia en este estudio debido a la presencia de bajas temperaturas en la zona de estudio durante el tiempo de monitoreo, en definitiva el traslado de parches es una estrategia la cual presenta desventajas relacionadas a la supervivencia dependiendo de las especies con las cuales se realiza la restauración, comparado los resultados del presente trabajo con los trabajos de Rojas (2013) y Puetate (2017).

En resumen todas las estrategias que se implementaron presentan potencialidad para la restauración ecológica en el páramo de frailejones tomando en cuenta variables como el crecimiento, la estrategia y la actitud del lugar en el cual fueron implementadas, tal es así que la estrategia más óptima es la introducción de especies nativas, seguido por regeneración natura, densidad y traslado de parches.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Se establecieron doce sitios de restauración en el ecosistema perturbado por incendio, para lo cual se consideró el criterio de accesibilidad, el criterio de referencia y el criterio ecológico.

Se implementaron cuatro estrategias de restauración ecológica: traslado de parche, regeneración natural e introducción de especies nativas con dos densidades, para lo cual se consideró la actitud de la pendiente parte alta, media y baja. En estas estrategias se utilizaron especies de *Polylepis incana*, *Hypericum empetrifolium* e *Hypericum laricifolium*.

Las estrategias de restauración implementadas son efectivas para la recuperación del ecosistema páramo, debido a que en el coeficiente de determinación (0,91) y de correlación (0,90).

Las estrategias que más se destacaron fueron: la introducción de especies nativas utilizando *Polilepys Incana*, con una excelente tasa de supervivencia del 95% aproximadamente, y considerando el crecimiento: es el traslado de parche utilizando las especies de *Hypericum sp.*

Todas las especies de plantas utilizadas (*Polylepis incana*, *Hypericum empetrifolium* e *Hypericum laricifolium*) en los ensayos de restauración son claves.

Por medio el análisis de la U de Mann-Whitney se determinó que las especies plantadas poseen una alta significancia por lo tanto se aceptó la H_0 : las especies nativas plantadas son aptas para la restauración considerando la actitud de la pendiente. Además, el índice de supervivencia considerando la actitud de la pendiente es del 87% de todas las plantas utilizadas.

4.2 Recomendaciones

Generar políticas públicas por parte de las autoridades encargadas, que permitan la obtención de plantas nativas para restaurar ecosistemas afectados por los diferentes disturbios.

Realizar investigaciones aplicando diferentes estrategias de restauración, con otras especies para una comparación con las realizadas en este trabajo.

Elaborar un diagnóstico de las características edáficas presentes en la zona de disturbio antes y después de la investigación en páramos perturbados por incendios, con el fin de comparar el estado inicial y final del sustrato.

El GAD de la provincia del Carchi debería considerar las estrategias evaluadas en el presente trabajo para proyectos de restauración en dicho ecosistema.

REFERENCIAS

- Acosta, S. (1974). *Colección de plantas medicinales*. Ecuador: EL Comercio Quito.
- Adame, M., Hermoso, V., Perhans, K., Lovelock, C. y Herrera, A. (2014) Selecting cost-effective áreas for restoration of Ecosystem Services. *Conservation Biology*. No. 0, 1–10. DOI: 10.1111/cobi.12391.
- Agama, V. (2016). *Los incendios Forestales Vulneran los Derechos de la Naturaleza en el Distrito Metropolitano de Quito, en la Parroquia de Puembo en el Año 2015*. (Tesis de Pregrado) Universidad Central del Ecuador, Ecuador.
- Aguilar, M. y Ramírez, W. (2015) *Monitoreo a procesos de restauración ecológica aplicado a ecosistemas terrestres*. Colombia: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander von Humboldt.
- Aguirre, N., Torres, J. y Velasco, P. (2014). *Guía para la restauración ecológica en los páramos del Antisana*. Ecuador: Fondo para la Protección del Agua–FONAG.
- Aide, T. y Cavelier, J. (1994). Barriers to Lowland Tropical Forest Restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Restoration Ecology*, 2(1), 219-229.
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. Publicado en el *Suplemento Registro Oficial* No. 983, del miércoles 12 de abril del 2017. Ecuador
- Biológica Sobre La Diversidad (1992). Convenio sobre la diversidad biológica. Texto y Anexos.
- Bennett, A. (2003) *Linkages in the landscape: The role of corridors and connectivity in wildlife conservation*. Gland, Switzerland and Cambridge, United Kingdom. IUCN.
- Cabrera, M. y Ramírez, W. (2014). *Restauración ecológica de los páramos de Colombia: transformación y herramientas para su conservación*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
- Calderon, A. (2010). *Evaluación de Métodos de Restauración Vegetal de un Bosque de Galería en la Comunidad de San Jacinto de Chinambí - Provincia del Carchi*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Caranqui, J. (2014). *La Importancia de la Taxonomía Vegetal en el Programa de Restauración Ecológica en la Región Centro del Ecuador*. Ecuador: Conferencia presentada en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

- Caranqui, J., Suárez, D., Acurio, C. y Chimolema, C. (2016). *Análisis de la regeneración natural después de la explotación de pino en el páramo de Tamboloma* (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo ESPOCH, Riobamba- Ecuador.
- Carrion, V., Donlan, C.J., Campbell, K.J., Lavoie, C. y Cruz, F. (2011) Archipelago-wide island restoration in the Galápagos islands: Reducing costs of invasive mammal eradication programs and reinvasion risk. *PLoS One*, 6(5), 10-12.
- Cavelier, J. (1995). Reforestation with the native tree *Alnus acuminata*: effects on phytodiversity and species richness in an upper montane rain forest area of Colombia. *Tropical montane cloud forests*, 110, 125-137.
- Chisag, P. (2015). *Identificación de la flora herbácea existente en el Parque Nacional cotopaxi, después de los incendios generados en el año 2014, provincia de Cotopaxi, periodo 2015*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.
- Conlin, D. y Ebersole, J. (2001). Restoration of an alpine disturbance: differential success of species in turf transplants, Colorado, USA. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 3(3), 340-347.
- Cunalata, G. (2014) *Evaluación de cuatro especies forestales nativas en tres pisos altitudinales con la utilización de 2 bio estimulantes para propiciar una revegetación ecológica activa en los páramos de la comunidad de poatug*. (Tesis postgrado) Universidad Técnica de Ambato, Ecuador.
- Constitución de la República del Ecuador (2008). *Registro Oficial 449* (20 de octubre de 2008).
- Convenio de Estocolmo (2004). *Registro Oficial 381*(20 de julio del 2004).
- Crawley, M. (2007). *The R book*. Estados Unidos: John Wiley y Sons Ltd.
- Crespo, A. (2014). *Direct seeding with native trees in south central Ecuador: Enhancing restoration potential with local knowlegde*. *Dissertation*, EE.UU.: Universidad de Florida, Gainesville.
- Díaz, W. y Torres, C. (2001). Estudio básico de restauración vegetal en áreas de subpáramo degradadas de la vereda Monquentiva-Guatavita. Colombia , 7(14), 116-123.

- Drysdale, D. (1993). La química y la física del fuego. *Manual de protección contra incendios*. 1(0), 47-63.
- Donlan, J. y Wilcox, C. (2008). Integrating invasive mammal eradications and biodiversity offsets for fisheries bycatch: conservation opportunities and challenges for seabirds and sea turtles. *Biological Invasions* 10(1):1053-1060.
- El-Seedi, Ringbom, Torszell y Bohlin. (2003). Constituents of *Hypericum laricifolium* and their cyclooxygenase (COX) enzyme activities. *Chemical and pharmaceutical bulletin*, 51(12), 1439-1440.
- ESRI. (2018). Environmental Systems Research Institute, Inc. In: 380 New York St., Redlands, CA92373-8100, USA
- Fernández, F., Velasco, V., Guerrero, J., Galvis, M. y Neri, A. (2016). Recuperación ecológica de áreas afectadas por un incendio forestal en la Microcuenca Tintales *Colombia forestal*, 19(2), 19-36.
- Galagarra, D. y Oña, E. (2016) *Los incendios forestales en el área ecológica dentro del cerro Ilaló, Valle de Los Chillos, en los sectores vulnerables de contaminación; El Tingo, Alangasí y las consecuencias jurídicas en la naturaleza en el año 2015* (Tesis de pregrado). Universidad Central del Ecuador, Quito - Ecuador.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Chitán de Navarretes (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Ecuador.
- Gomes, V., Negreiros, D., Fernandes, W., Pires, A. y Silvia, R., (2018) Long-term monitoring of shrub species translocation in degraded Neotropical mountain grassland. *Restoration Ecology*, 26(1), 91-96.
- González, W., Llambí, L., Smith, J. y Gámez, L. (2011). Dinámica sucesional del componente arbóreo en la zona de transición bosque-Páramo en Los Andes Tropicales. *Ecotrópicos*, 24(1), 60-79.
- González, M., Plascencia, O. y Martínez, T. (2016). Áreas prioritarias para restauración ecológica y sitios de referencia en la región Chignahuapa- Zacatlán. *Madera y bosques*, 22 (2), 41-52.
- Guerra, M. (2011). *Estrategia Pedagógica orientada a la biodiversidad y su conservación en la formación de estudiantes de Ciencias Naturales*. Camagüey (Tesis de postgrado). Universidad de Ciencias Pedagógicas de José Martí, Camagüey- Cuba.

- Günter, S., Weber, M., Erreis, R. y Aguirre, N. (2007). Influence of distance to forest edges on natural regeneration of abandoned pastures: a case study in the tropical mountain rain forest of Southern Ecuador. *European Journal of Forest Research*, 126(1), 67-75.
- Hedberg, I. y Hedberg, O. (1979) Tropical-alpine lifeforms of vascular plants. *Oikos*. 33(1) 297-307.
- Hobb, R. y Harris, J. (2001) Repairing the Earth's Ecosystems in the New Millennium. *Restoration Ecology*. 9(1), 239-246. doi: 10.1046 / j.1526-100x.2001.009002239.x
- Hofstede, R., Calles, J., López, V., Polanco, R., Torres, F., Ulloa, J. y Cerra, M. (2014). *Los páramos andinos ¿Qué sabemos?. Estado de conocimiento sobre el impacto del cambio climático en el ecosistema páramo*. Quito, Ecuador: UICN.
- Holl, K. (1998). Effects of above- and below-ground competition of shrubs and grass on *Calophyllum brasiliense* (Camb.) seedling growth in abandoned tropical pasture. *Forest Ecology and Management*, 109(1), 187-195.
- Honorable Congreso Nacional y La Comisión de Legislación y Codificación (2004). *Ley de Gestión Ambiental*. Publicado en el Registro Oficial Suplemento 418 de 10-sep-2004. Ecuador.
- Huera, V. (2016). *Propuesta para la restauración ecológica de la Loma de Guayabillas mediante la identificación de especies nativas*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador
- Jiménez, C. (2015). El sector de Chalpatán, en Carchi, perdió entre 2 mil y 3 mil hectáreas de bosque luego de los últimos incendios. *El Telégrafo*. Recuperado de: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional-norte/1/el-sector-de-chalpatan-en-carchi-perdio-entre-2-mil-y-3-mil-hectareas-de-bosque-luego-de-los-ultimos-incendios>.
- Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., Chacón, E. y Tovar, A. (2009). *Ecosistemas de los Andes del norte y centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela*. Lima, Perú: Secretaría General de la Comunidad Andina
- León, S. (2000) La flora de los páramos ecuatorianos. *La biodiversidad de los páramos. Serie Páramo* 7(1), 5-21.

- López, F. (2015) *¿Qué es la restauración Ecológica?* Lección 1.3. Diplomado en línea: Restauración de ecosistemas y servicios ambientales. Edición 2015. Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas, Instituto de Ecología A.C. y El Colegio de la Frontera Sur.
- Luteyn, J., Churchill, S., Griffin III, D., Gradstein, S., Sipman, H. y Gavilanes, A. (1999). A checklist of plant diversity, geographical distribution, and botanical literature. *Bot Gard New York*, 84, 1-278.
- Malagón, D. y Pulido, C. (2000). Suelos del páramo colombiano. *Diversidad Biótica III. La Región de Vida Paramuna*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Medina, G. y Mena, V. P. (2001). *Los páramos en el Ecuador. Los Páramos del Ecuador. Particularidades, Problemas y Perspectivas*. Quito: Fundación Ecuatoriana de Estudios Ecológicos.
- Meli, P. (2003). Restauración ecológica de bosques tropicales: veinte años de investigación académica. *Interciencia*, 28 (10), 581-589.
- Meli, P. y Carballido, C. (2011). *Restauración ecológica de riberas: Manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la Selva Lacandona*. Mexico D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
- Mena, P., Medina, G. y Hofstede, R. (2001). *Los páramos de Ecuador: Particularidades, Problemas y Perspectivas*. Quito: Abya Yala/Proyecto Páramo.
- Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being: current state and trends*. Vol. 5. *Current state and trends*. Island Press, Washington, DC.
- Ministerio del Ambiente de Colombia (MAC). (2001). Programa para el manejo sostenible y restauración de ecosistemas de la alta montaña colombiana: Páramos. Dirección General de Ecosistemas. Bogotá, Colombia. 69 p.
- Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015) Decreto N° 3.516. *Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*. Publicado en el Registro Oficial No. 725 de 16 de diciembre de 2002. Ecuador.
- Montagnini, F. (1992). Mixed tree plantations: experiments with native trees in Costa Rica and Argentina. *Agroforestry Today*. 4(3), 4-5.

- Murcia, C. (1997). Evaluation of Andean alder as a catalyst for the recovery of tropical cloud forests in Colombia. *Forest Ecology and Management*, 99(1-2), 163-160. doi: 10.1016/S0378-1127(97)00202-8
- Murcia, C., Guariguata, M., Peralvo, M. y Gálmez, V. (2017). *La restauración de bosques andinos tropicales: Avances, desafíos y perspectivas del futuro*, Center for International Forestry Research (CIFOR), (170), 96. doi:10.17528/cifor/006524
- Narváez, M. (2015). *Cómo interfieren las plantas introducidas y nativas en la calidad del suelo en un proceso de restauración ecológica en el sur del Ecuador* (Tesis de postgrado). Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador
- Organización de la Naciones Unidas (ONU). (2000). *Objetivos del Milenio de las Organización de las Naciones Unidas*. Nueva York: Autor.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2017). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. Nueva York: Autor.
- Parolly, G. y Kürschner, H. (2005). Ecosociological studies in Ecuadorian bryophyte communities. V. Syntaxonomy, life forms and life strategies of the bryophyte vegetation on decaying wood and tree bases in S Ecuador. *Nova Hedwigia*, 81(1-2), 1-36.
- Palik, J., Goebel, C., Kirkman, K. y West, L. (2000). Using landscape hierarchies to guide restoration of disturbed ecosystems. *Ecological Applications*, 10(1), 189-202.
- Peña, D (2012). *Análisis de datos multivariantes*. Madrid: Fernández Madrid.
- Pillacela, D. (2017). *Evaluación de la regeneración natural su relación con variables ambientales y de cobertura arbórea en ecosistemas naturales alto andinos de la Provincia del Azuay* (Tesis de Pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador
- Puetate, G. (2017). *Translocación de plántulas de: Weinmannia Rollottii, Weinmannia Fagaroides, Prunus Huantensis y Ocotea Infracaveolata, en un área degradada en la parroquia el Carmelo, provincia del Carchi*. (Tesis de pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador
- Ramírez, N. (2015) Restauración pasiva: Régimen de disturbio y su impacto en la dinámica de los ecosistemas. Lección 1.7. Diplomado en línea: *Restauración de ecosistemas y servicios ambientales*. Edición 2015. Fundación Internacional

para la Restauración de Ecosistemas, Instituto de Ecología A.C. y El Colegio de la Frontera Sur.

- Rangel-Ch, J. (2000). La región de vida paramuna. *Colombia diversidad biótica III*. Bogotá, Colombia universidad nacional de Colombia, Unilibros, 902
- Rhoades, C., Eckert, E. y Coleman, D. (1998). Effect of pasture trees on soil nitrogen and organic matter: implications for tropical montane forest restoration. *Restoration Ecology*. 6(3), 262-270.
- Rodas, M. (2015) *Análisis del comportamiento de incendios forestales en la Cuenca del río Paute mediante sensores remotos* (Tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Ecuador.
- Rodríguez-Echeverry, J., Echeverría, C., Oyarzún, C. y Morales, L. (2018) Impact of land-use change on biodiversity and ecosystem services in the Chilean temperate forests. *Landscape Ecology*, 33(3), 439-453
- Rojas, O. (2013). *Reubicación de plantas para el enriquecimiento con especies nativas en la restauración ecológica de áreas potrerizadas de páramo (parque nacional natural Chingaza, Colombia)* (Tesis de Postgrado). Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.
- Román, F., Levy, S., Aronson, J., Rodrigues, R. y Castellanos, J. (2012) Testing the performance of fourteen native tropical tree species in two abandoned pastures of the Lacandon Rainforest Region of Chiapas, Mexico. *Restoration Ecology* 20(1), 378–386
- Santiana, J., Báez, S., y Guevara, J. (2012). *Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental*. Quito, Ministerio del Ambiente del Ecuador.
- Sarmiento, F. (1995) Restoration of equatorial Andes: The challenge for conservation of trop-Andean landscapes in Ecuador. *Biodiversity and conservation of Neotropical montane forests*. Simposio llevado a cabo en Jardín Botánico de Nueva York. Nueva York.
- Sarmiento, F. (1997). Arrested succession in pastures hinders regeneration of Tropandean forests and shreds mountain landscapes. *Environmental conservation*, 24(1), 14-23.
- Sarmiento, F. (2002). Anthropogenic change in the landscapes of highland Ecuador. *Geographical Review*, 92(2), 213-234

- Sarmiento, Llambí, Escalona y Marquez. (2003). Vegetation patterns, regeneration rates and divergence in an oldfield succession of the high tropical Andes. *Plant Ecology*, 166, 63–74
- Secretaría General de la Comunidad Andina (2009). *Atlas de los Andes del Norte y Centro*. Perú: Nanuk E.I.R.L.
- Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES). (2013). *Plan Buen Vivir 2013-2017*. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y DesarrolloSenplades.
- Shuler, M. y Kargi, F. (2002). *Bioprocess Engineering: Basic Concepts*. 2nd. *Upper Saddle*.
- Sklenár, P., Luteyn, J., Ulloa, C., Jorgensen, P. y Dillon, M. (2005). Flora Genérica de los Páramos Guía Ilustrada de Plantas Vasculares. *The New York Botanical Garden Press*.
- Society for Ecological Restoration (SER) International. (2004). Principios de SER International sobre la restauración ecológica. *Tucson: Society for Ecological Restoration*.
- Torres, J. (2014). *Diseño de un modelo de restauración ecológica aplicable a los ecosistemas de páramos degradados en el Ecuador* (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador
- Uhl, C. (1982). Recovery following disturbances of different intensities in the Amazon rain forest of Venezuela. *Interciencia*, 7(1), 19-24.
- Urgiles, N., Loján, P., Aguirre, N., Blaschke, H., Günter, S., Stimm, B. y Kottke, I. (2009). Application of mycorrhizal roots improves growth of tropical tree seedlings in the nursery: a step towards reforestation with native species in the Andes of Ecuador. *New Forests*, 38(3), 229-239.
- Vallejos, R. y Valdecantos, A.(2006) *Restauración de áreas quemadas en plan de manejo forestal*. Madrid, España: Lucinda.
- Vargas, O. (2007) *Guía metodológica para la Restauración Ecológica del bosque altoandín*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Departamento de Biología.
- Vargas, O. (2011) *Los pasos fundamentales en la restauración ecológica*. La restauración ecológica en la práctica: Memoria del I Congreso Colombiano de

Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.

Vargas, O y Velasco, P. (2011) *Reviviendo nuestros páramos*. Ecuador: Artes Gráficas Silva

Vila, A., Sedano, M., López, A. y Juan, A. (2004) *Análisis de correlación y regresión lineal*. Barcelona: Universidad Oberta de Catalunya.

Weber, M., Günter, S., Aguirre, N., Stimm, B. y Mosandl, R. (2008). Reforestation of abandoned pastures: silvicultural means to accelerate forest recovery and biodiversity. *Gradients in a tropical mountain ecosystem of Ecuador*, 0(1) 431-441.

Wilson, J., Ruscoe, A., Burrows, E., McElrea, M. y Choquenot, D. (2006). An experimental study of the impacts of understorey forest vegetation and herbivory by red deer and rodents on seedling establishment and species composition in Waitutu Forest, New Zealand. *New Zealand Journal of Ecology*, 30(2), 191-207

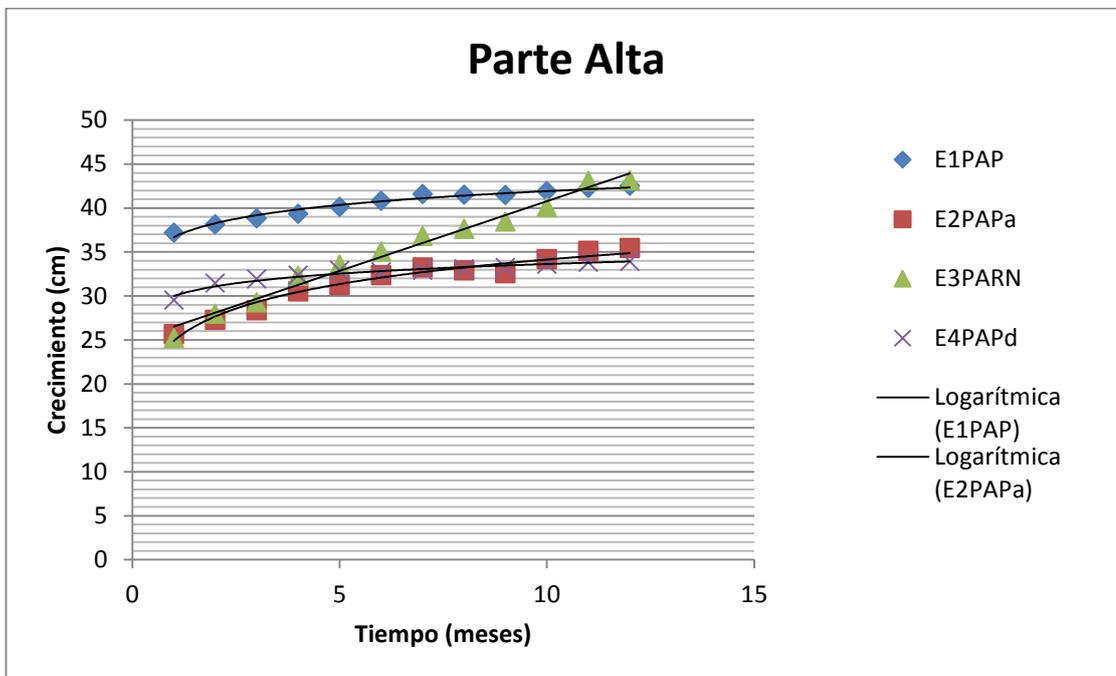
World Wildlife Fund (2016). *Planeta Vivo Informe 2016*. Madrid: Autor.

Zahawi, R. y Augspurger, C. (1999). Early Plant Succession in Abandoned Pastures in Ecuador. *Biotropica*, 31(4), 540-552.

ANEXOS

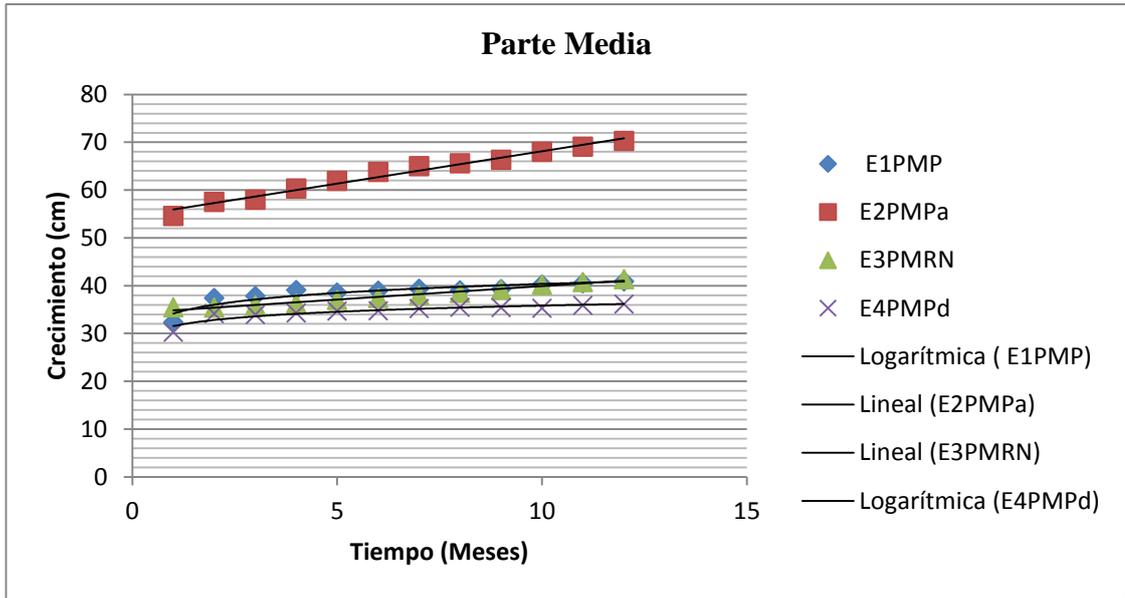
Anexo 1. Tablas de Regresión realizadas por cada una de las estrategias, considerando la actitud de la pendiente.

Regresión de la parte alta (E1PAP; E2PAPa; E3PARN; E4PAPd):



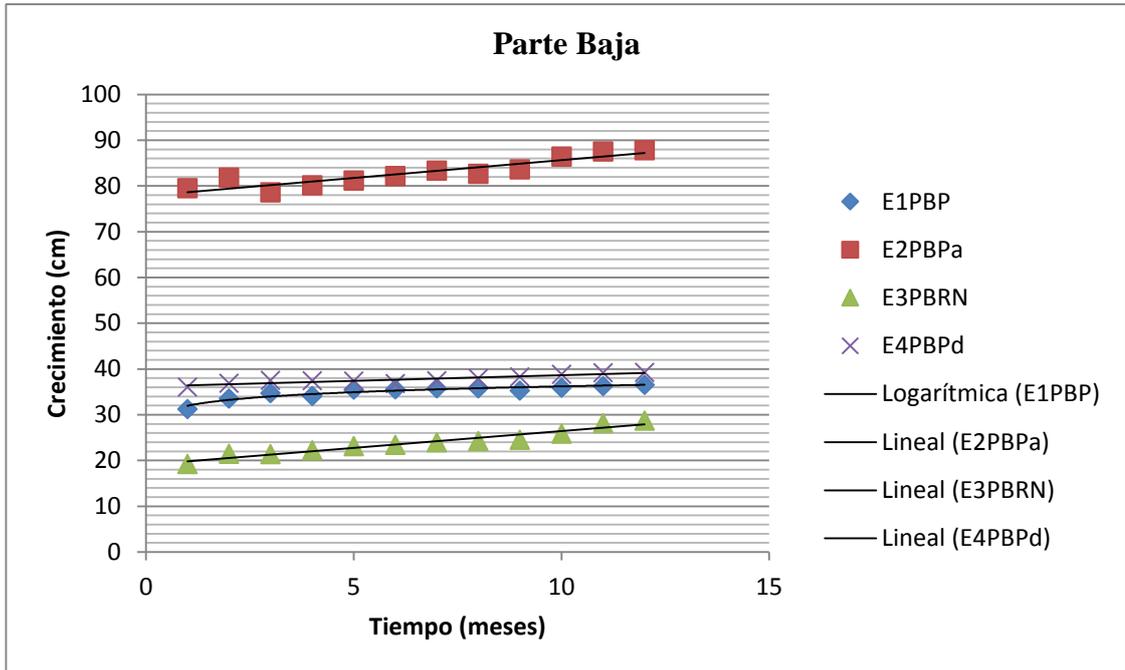
Estrategia	Coefficiente de determinación	Coefficiente de Correlación
E1PAP	0,964354746	0,9694
E2PAPa	0,957118867	0,9616
E3PARN	0,989481395	0,9791
E4PAPd	0,894739576	0,9584

Parte media (E1PMP; E2PMPa; E3PMRN; E4PMPd):



Estrategia	Coefficiente de determinación	Coefficiente de Correlación
E1PMP	0,799861249	0,8499
E2PMPa	0,989891216	0,9799
E3PMRN	0,989396108	0,9789
E4PMPd	0,806343682	0,6502

Parte Baja (E1PBP; E2PBPa; E3PBRN; E4PBPd):



Estrategia	Coefficiente de determinación	Coefficiente de Correlación
E1PBP	0,840324243	0,9262
E2PBPa	0,91874422	0,8441
E3PBRN	0,968165016	0,9373
E4PBPd	0,914302883	0,8359

Anexos 2. Tablas del análisis de U de Mann Withney

Comparación de las medias de las estrategias E1PAP y E4PAPd

E1PAP		E4PAPd	
N:	12	N:	12
Mean rank:	9,25	Mean rank:	3,25
Mann-Whitn U :	0		
z :	-4,1281	p (same med.):	3,66E-05
Monte Carlo permutation:		p (same med.):	0,0001
Exact permutation:		p (same med.):	7,40E-07

Comparación de las medias de las estrategias E2PAPa y E3PARN

E2PAPa		E3PARN	
N:	12	N:	12
Mean rank:	5,0417	Mean rank:	7,4583
Mann-Whitn U :	43		
z :	-1,6454	p (same med.):	0,099877
Monte Carlo permutation:		p (same med.):	0,1004
Exact permutation:		p (same med.):	0,10053

Comparación de las medias de las estrategias E1PMP y E4PMPd

E1PMP		E4PMPd	
N:	12	N:	12
Mean rank:	8,7917	Mean rank:	3,7083
Mann-Whitn U :	11		
z :	-3,493	p (same med.):	0,0004777
Monte Carlo permutation:		p (same med.):	0,0002
Exact permutation:		p (same med.):	0,0001442

Comparación de las medias de las estrategias E2PMPa y E3PMRN

E2PMPa		E3PMRN	
N:	12	N:	12
Mean rank:	9,25	Mean rank:	3,25
Mann-Whitn U :	0		
z :	-4,1281	p (same med.):	3,66E-05
Monte Carlo permutation:		p (same med.):	0,0001
Exact permutation:		p (same med.):	7,40E-07

Comparación de las medias de las estrategias E1PBP y E4PBPd

E1PBP		E4PBPd	
N:	12	N:	12
Mean rank:	3,3333	Mean rank:	9,1667
Mann-Whitn U :	2		
z :	-4,0126	p (same med.):	6,01E-05
Monte Carlo permutation:		p (same med.):	0,0001
Exact permutation:		p (same med.):	2,96E-06

Comparación de las medias de las estrategias E2PNPa y E3PBRN

E2PNPa		E3PBRN	
N:	12	N:	12
Mean rank:	9,25	Mean rank:	3,25
Mann-Whitn U :	0		
z :	-4,1281	p (same med.):	3,66E-05
Monte Carlo permutation:		p (same med.):	0,0001
Exact permutation:		p (same med.):	7,40E-07

Anexo 3. Registro Fotográfico

Ilustración 1. Monitoreo mensual de las estrategias implementadas.



Ilustración 2. Etiquetado de las plantas con una nomenclatura única.



Ilustración 3. Limitación y colocación de letreros en cada estrategia.



Ilustración 4. Restauración natural del área perturbada por incendio.

