

ANÁLISIS DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE ACCIONES DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA Y PLANES DE MONITOREO EN EL PNN LOS NEVADOS 2006 - 2013.

INFORME FINAL.

1

Analysis of bibliographical review of ecological restoration actions and monitoring plans in the PNN Los Nevados 2006 – 2013.

Producto No 2.

(Contrato No.: 17-14-331-029PS para la “Prestar los servicios profesionales para diseñar e implementar un programa de monitoreo a la restauración ecológica en páramo y alta montaña para los disturbios fuego, ganadería y plantaciones forestales en el marco del proyecto Páramos: Biodiversidad y Recursos Hídricos en los andes del Norte).

Edinson Sesquilé Escobar*

Supervisor: Mauricio Aguilar Garavito, Programa de Gestión Territorial de la Biodiversidad, Línea de ecología de la restauración.

*Biólogo.
Pontificia Universidad Javeriana.
Escuela de Restauración Ecológica (ERE).
edison.sesquile.escobar@gmail.com.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
Bogotá, D.C., 2017.

PAGINA DE FICHA DE CATALOGACION EN LA FUENTE

Catalogación en la fuente.

2

Sesquilé Escobar, Edinson.

Análisis de revisión bibliográfica de proyectos de restauración ecológica activa y planes de monitoreo en el PNN los Nevados 2006 – 2013 = Analysis of bibliographical review of ecological restoration actions and monitoring plans in the PNN Los Nevados 2006 – 2013/ Edinson Sesquilé Escobar. – Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2017.

55 p.: il.; 28 x 21.5 cm. + 1 CD ROM

Incluye bibliografía, tablas, mapas, fotos a color.

1. Monitoreo. – 2. Restauración ecológica. – 3. Páramo. – 4. Ganadería. – 5. Incendio. I. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt II. Analysis of bibliographical review of ecological restoration actions and monitoring plans in the PNN Los Nevados 2006 – 2013.

Catalogación en la fuente – Biblioteca Instituto Humboldt – Nohora Alvarado.

Como citar este documento:

Sesquilé Escobar, E. (2017). Análisis de revisión bibliográfica de proyectos de restauración ecológica activa y planes de monitoreo y seguimiento en áreas afectadas por incendios y ganadería extensiva en el PNN los Nevados 2006 – 2013 = Analysis of bibliographical review of ecological restoration actions and monitoring plans in the PNN Los Nevados 2006 – 2013. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Resumen

En el PNN los Nevados se han realizado diversas acciones de restauración ecológica en tres diferentes tiempos o fases 2007, 2009 y 2011-2013, pero se desconoce cuál es el estado la información secundaria del proceso de restauración ecológica realizado en el área protegida a la fecha. Por lo cual, el objetivo fue realizar una revisión bibliográfica de todos los documentos disponibles y facilitados por los funcionarios para buscar un la fortalezas, oportunidades, amenazas debilidades que tiene el proyecto para implementar el monitoreo de las acciones de restauración en campo. En la revisión de información secundaria de informes, documentos oficiales y bibliografía se encontraron muchas debilidades del proyecto tanto estructurales, metodológicos, geográficas, que impiden que se realice un monitoreo con unidades de muestreo permanentes y si espera la salida de campo para verificar las estrategias en campo y ajustar el monitoreo.

Palabras clave: Monitoreo. Restauración ecológica. Páramo. Incendio

Abstract

In the PNN the Nevados have carried out various ecological restoration actions in three different times or phases 2007, 2009 and 2011-2013, but it is unknown what is the status of the secondary information of the ecological restoration process carried out in the protected area to date. Therefore, the objective was to carry out a bibliographic review of all the documents available and facilitated by the officials to look for the strengths, opportunities, threats, weaknesses that the project has to implement the monitoring of the restoration actions in the field. In the review of secondary information of reports, official documents and bibliography, many structural, methodological and geographical weaknesses of the project were found that prevent monitoring with permanent sampling units and wait for the field trip to verify the strategies in field and adjust the monitoring.

Keywords: Monitoring. Ecological restoration. Páramo. Fire.

Contenido

Resumen	3
Abstract	3
Lista de figuras o ilustraciones.....	5
Lista de tablas.....	6
Introducción.....	7
Planteamiento del problema.....	8
Formulación del problema.....	8
Objetivos.	8
Objetivo General	8
Objetivos Específicos	8
Justificación.	9
Metodología.....	9
Revisión de información.	9
Resultados	9
Historia de disturbio.....	9
• FASE I.....	10
• Caracterización rápida y diagnóstico de los escenarios de restauración.....	11
• Acciones de restauración ecológica 2007.....	14
• Plan monitoreo de las acciones de restauración 2007	24
• FASE II.	25
• Acciones de restauración ecológica 2009.....	27
• Plan monitoreo de las acciones de restauración 2009.	31
• FASE III.	39
• Acciones de restauración ecológica 2011 – 2013.....	40
• Plan monitoreo de las acciones de restauración 2011- 2013.....	48
Conclusiones y discusión.....	50

Bibliografía55

Lista de figuras o ilustraciones.

Figura 1. Distribución de los módulos de restauración, en donde se implementaron los tratamientos de la FASE I (Loteró et al. 2007). 17

Figura 2. Artulgios para la fauna en la FASE I (Holanda 2007). 19

Figura 3. Perchas para la fauna en la FASE I (Holanda 2007). 19

Figura 4. Núcleos de dispersión en la FASE I (Loteró et al. 2007). 20

Figura 5. Translocación de cespedones en la FASE I (Loteró et al. 2007). 20

Figura 6. Parcelas de herbáceas y arbustivas en la FASE I (Loteró et al. 2007). 21

Figura 7. Siembra de semillas de especie arbustivas en la FASE I (Loteró et al. 2007). 22

Figura 8. Aclareos en la FASE I (Loteró et al. 2007). 22

Figura 9. Adición de suelos en la FASE I (Loteró et al. 2007). 23

Figura 10. Barreras anti-escorrentía con combinaciones con otras técnicas en la FASE I (Loteró et al. 2007). 23

Figura 11. Lugares de implementación de las estrategias de restauración de la FASE II (Trujillo 2009). 27

Figura 12. Núcleos de regeneración de la FASE II (Trujillo 2009). 28

Figura 13. Núcleos de facilitación de la FASE II (Trujillo 2009). 29

Figura 14. Núcleos de conexión de la FASE II (Trujillo 2009). 29

Figura 15. Distribución de los núcleos de conexión, facilitación, barreras anti-escorrentía de la FASE II (Trujillo 2009). 30

Figura 16. Localización en campo de los módulos con los núcleos de conexión, facilitación, barreras anti-escorrentía de la FASE II (Trujillo 2009). 30

Figura 17. Método de Punto Centrado de la FASE II (Trujillo 2009). 32

Figura 18. Variables de altura, cobertura para la supervivencia de individuos de la FASE II (Trujillo 2009). 33

Figura 19. Gradiente de afectación de sequía de la FASE II (Trujillo 2009). 33

Figura 20. Dominancia de *C. effusa* en áreas de regeneración natural la FASE II (Trujillo 2009). a) momento del incendio, b) 1 año del incendio, c) 2 años después del disturbio. 36

Figura 21. Rangos altura y cobertura de las especies propágadas en la FASE II (Trujillo 2009). BT: *B. tricuneata*; HS: *H. strictum*; HL: *H. laricifolium*; EM: *E. myrtilloides*; LB: *L. bogotensis*; PS: *P. seríceea*. 37

Figura 22. Rangos del porcentaje de sequía de los individuos implementados en la FASE II (Trujillo 2009). 1) sequía baja, 2) sequía media, 3) sequía alta, 4) sequía nula. 38

Figura 23. Distribución de los núcleos en los tres módulos el Predio Playa Rica en la FASE III (Bedoya et al. 2013).....	42
Figura 24. Núcleos de enriquecimiento del Predio Playa Rica en la FASE III (Bedoya et al. 2013).	42
Figura 25. Ubicación del sector Plan del Puma de la FASE III (Bedoya et al. 2013).....	43
Figura 26. Estrategias de restauración Plan del Puma de la FASE III (Bedoya et al. 2013).....	44
Figura 27. Micronúcleo de restauración/conectividad Plan del Puma de la FASE III (Bedoya et al. 2013).	44
Figura 28. Predio Agua Bonita de la FASE III (Bedoya et al. 2013).....	45
Figura 29. Núcleos de enriquecimiento del Predio Agua Bonita de la FASE III (Bedoya et al. 2013). ...	46
Figura 30. Predio Termales del Cañón de la FASE III (Bedoya et al. 2013).....	47
Figura 31. Micronúcleos del Predio Termales del Cañón de la FASE III (Bedoya et al. 2013).	47

Lista de tablas.

Tabla 1. Escenarios de restauración ecológica en el PNN Los Nevados (Cardona, 2007).	11
Tabla 2. Tratamientos de restauración en cada uno de los escenarios de restauración (Holanda 2007).	16
Tabla 3. Especies vegetales utilizadas en las acciones de restauración 2007 (Loterio et al. 2007). EF: especie facilitadora, EMD: especie maximizadora de biodiversidad. *Tipos de ambientes M: Matorral, PF: Pajonal-Frailejonal, MF: Matorral-Frailejonal, P: Pajonal.....	18
Tabla 4. Indicadores en cada fase del monitoreo de efectividad para los tratamientos de restauración (Loterio et al. 2007).....	24
Tabla 5. Resultados de riqueza, abundancia, diversidad y índice de riqueza de sitios alterados y referencia de la FASE II (Trujillo 2009).	35

Introducción.

Esta investigación se encuentra incluida dentro del marco del proyecto Páramos: Biodiversidad y Recursos Hídricos en los Andes del Norte, el cual destino algunos recursos para realizar el monitoreo de las actividades de restauración activa realizadas en el PNN Los Nevados desde hace 10 años en ecosistemas de alta montaña (Páramo y Bosque Altoandino) afectados por incendios y ganadería. Sin embargo, la falta de seguimiento a través del tiempo de las estrategias, hace necesario que se conozca el estado actual de estas actividades de restauración activa después de 10 años (Fase I), 8 años (Fase II) y 6 años (Fase III). De igual manera, el Sistema Regional de Áreas Protegidas del Eje Cafetero (SIRAP Eje Cafetero) ha planeado continuar con las acciones de restauración en el PNN Los Nevados, pero desconocen el estado de las estrategias pasadas para desarrollar e implementar las nuevas acciones en otros lugares del parque.

Este documento se realizó con base síntesis de la información de los informes entregados por los funcionarios de PNN Los Nevados en el 2017, en donde se plantearon una serie de estrategias y actividades de restauración ecológica para 2.374 ha afectadas de por un incendio forestal en el Parque Nacional Natural Los Nevados. El informe será dividido en tres momentos específicos, dado que se realizaron diferentes actividades de restauración (Diagnóstico, Implementación, monitoreo y seguimiento de las estrategias) en los años 2007, 2009 y 2013.

Dentro del análisis incluido a los documentos ya mencionados se tomaron en cuenta los objetivos propuestos en todas las fases del proyecto, la metodología para abordar esos objetivos propuestos, los resultados de las implementaciones de los diseños y estrategias de restauración, monitoreo de las acciones de restauración hechas en campo. El objetivo del documento es generar una matriz DOFA, el cual es un método que evalúa las Fortalezas, Debilidades y Oportunidades que tiene el proyecto, para tomarlo con línea base y redirigir lo esfuerzos de restauración ecológica del área afectada.

Planteamiento del problema.

Actualmente se desconocen el estado de las estrategias restauración activa pasados 10 años en los ecosistemas de alta montaña en el PNN Los Nevados, los cuales buscaban recuperar especies de fauna y flora, procesos biológicos de los ecosistemas (composición, estructura y función) y servicios ambientales prestados por el páramo, después de haber sido afectado por el incendio forestal y tener como tensionante permanente a la ganadería extensiva. Lo anterior, demuestra la importancia que tiene el monitoreo de las estrategias de restauración del PNN Los Nevados en el 2017, ya que nos permitirá conocer características o estrategias de restauración activa relevantes que puedan servir como punto de partida para las nuevas acciones en el PPN Los Nevados.

Formulación del problema

¿Cuál es el estado de la información secundaria las acciones de restauración ecológica en áreas afectadas por ganadería e incendios forestales después de 10 años en el PNN Los Nevados?

Objetivos.

Objetivo General

Determinar el estado de la información secundaria las acciones de restauración ecológica en áreas afectadas por ganadería e incendios forestales después de 10 años en el PNN Los Nevados.

Objetivos Específicos

Identificar la planificación de objetivos y metas de restauración ecológica, metodología, conclusiones y monitoreos de cada una de las fases del proceso de restauración en el PNN Los Nevados.

Definir el estado de la información de cada fase de las acciones de restauración en el PNN Los Nevados y poder concluir una metodología de monitoreo en campo.

Justificación.

La justificación del documento es que a partir de la revisión, análisis y conclusiones de este proceso de revisión se pueden sacar recomendaciones que sirvan como un referente nacional para los futuros procesos de restauración de Páramo y bosque Altoandino afectados por ganadería extensiva e incendios. Las cuales son las dos acciones antrópicas y naturales que más afectan actualmente a los páramos del país. Así mismo, poder dar guiar los futuros proyectos de restauración ecológica en áreas de paramo afectos por incendios forestales y ganadería, establecer cuáles son los requerimientos mínimos y proponer de una manera sencilla y eficiente un monitoreo de las acciones de restauración realizadas durante estos últimos 10 años.

Metodología.

Revisión de información.

La revisión de la documentación disponible para La Fase I fueron: Informe Final Angélica Cardona, GEF (2007), Informe Final Patricia Holanda (2007) y Recuperar el Páramo, restauración Ecológica en La Laguna del Otún, PNN Los Nevados de Lotero *et al.* (2007). La Fase II se revisó: Informe Final Leidy Trujillo (2009) y Restauración ecológica en páramos del Parque Nacional Natural Los Nevados (2010). En la Fase III, se usó el documento de: Resultados de los componentes Restauración; Mitigación, control y vigilancia; Social y Jurídico - años 2011, 2012 y 2013 (Bedoya et al. 2013).

Resultados

Historia de disturbio.

La historia de disturbio se registra antes de la creación del PNN Los Nevados en 1973, en donde existía un mosaico de comunidades dentro de las áreas naturales, estas poblaciones al ser propietarias del sector afectaron los ecosistemas de alta montaña con actividades de la tala para la

extracción de madera, introdujeron especies exóticas, realizaron quemas para la implementación de actividades agrícolas (cultivo de papa) o transformarlos en pastizales para la ganadería extensiva y no realizaron un manejo adecuado del suelo. Sin embargo, actualmente dentro de la jurisdicción el Parque Nacional Natural Los Nevados (PNN Los Nevados) aún se presentan estas problemáticas, entre las que se ha tratado de mitigar de manera intensiva es la ganadería extensiva, implementando cercados con alambre, ya que el ganado ha tenido efectos negativos sobre áreas de interés hídrico.

Un incendio ocurrió del 5 al 12 Julio 2016 en el PNN Los Nevados, este fenómeno afectó 2773 hectáreas naturales del parque, en donde se reporta que del total del área afectada el 84.1% fueron del ecosistema de páramo, y el 9.6% corresponden a Subpáramos, Bosques, Humedales y Pastos. Entre las veredas o lugares que fueron alcanzados por el incendio y que están dentro de la jurisdicción del parque se encuentran: La Laguna del Otún, Valle de la Alsacia, El Silencio, Loma Bonita, Bagaseca, Laguna Negra, Laguna La Leona, El Diviso y Vereda El Bosque, El Santa Isabel, El Paramillo de Santa Rosa. Toda la zona afectada está catalogada entre complejo de humedales de la Laguna del Otún, sitio que da origen a los cauces de agua que abastecen a medio millón de habitantes y se encuentra propuesta como área protección especial Ramsar.

El incendio llevó a la necesidad de analizar, diseñar e implementar estrategias de restauración ecológica con miras a la recuperación de especies de fauna y flora, procesos biológicos de los ecosistemas de alta montaña (composición, estructura y función del ecosistema) y los servicios ambientales prestados por el páramo.

- FASE I.

En la Fase I fue desarrollada un año después ocurrido el disturbio (2007), esta fase se incluye una caracterización rápida y un diagnóstico de los escenarios de restauración de las zonas que fueron quemadas y evaluarlas con respecto a las áreas de referencia que se encuentran con mayor grado

de conservación dentro del PNN Los Nevados. Por otro lado, se realizaron las primeras actividades de restauración ecológica en las áreas quemadas en ese mismo periodo de tiempo.

- **Caracterización rápida y diagnóstico de los escenarios de restauración.**

En el diagnóstico se empezó ubicando las áreas de afectadas por el fuego, los cuales se van a tomar como los escenarios de restauración. Los sitios fueron escogidos dadas que las características geomorfológicas y le tipo de vegetación, los cuales tienen diferencias significativas en el lugar del incendio. Se omitieron variables como estado del suelo, régimen del fuego, clima, geología y análisis de severidad; dado que se asumió son iguales para toda la zona (Régimen de fuego, geología, clima, análisis de severidad) y para el suelo que existen estudios muy generales y no permiten encontrar diferencias en cada escenario.

Las características geomorfológicas fueron determinadas con respecto a la pendiente, relieve relativo y estimaciones cualitativas y observaciones de modelos digitales del terreno, categorizándolo en Valles, Colinas y Laderas. El componente de vegetación, fue identificada por medio de bibliografía sobre la flora del parque y criterios del área afectada; se escogieron: veredas de La Azufrera y Los Caños (Matorral), vereda Bagasega (Pajonal), vereda Silencio (Matorral-Frailejónal), vereda Alsacia (Pajonal-Frailejónal). En total fueron un total de 12 escenarios de restauración, los cuales fueron diagnosticados con respecto al tipo de geoforma y vegetación (Tabla 1).

Tabla 1. Escenarios de restauración ecológica en el PNN Los Nevados (Cardona, 2007).

Tipo de Vegetación	Tipo de Geoforma		
	Colina	Ladera	Valles estrechos
Matorral	Matorral en colina (MC).	Matorral en ladera (ML).	Matorral en valles estrechos (MV).
Lugar	<i>Sur de la Laguna del Otún.</i>	<i>Nororiental de la Laguna del Otún.</i>	<i>Los Caños.</i>

Pajonal	Pajonal en colina (PC).	Pajonal en ladera (PL).	Pajonal en valles estrechos (PV).
Lugar	<i>Nororiental de la Laguna del Otún.</i>	<i>Nororiental de la Laguna del Otún.</i>	<i>Loma Bonita.</i>
Pajonal-Frailejonal	Pajonal-Frailejonal en colina (PFC).	Pajonal-Frailejonal en ladera (PFL).	Pajonal-Frailejonal en valles estrechos (PFV).
Lugar	<i>La Alsacia parte alta.</i>	<i>La Alsacia.</i>	<i>Bagaseca.</i>
Matorral-Frailejonal	Matorral-Frailejonal en colina (PFC).	Matorral-Frailejonal en ladera (PFL).	Matorral-Frailejonal en valles estrechos (MFV).
Lugar	<i>El Silencio.</i>	<i>El Silencio.</i>	<i>El Silencio.</i>

La zona de referencia son las zonas con menor tiempo intervención o más conservadas, cuales se tomaron como los escenarios de referencia. Los sitios como priorizados de referencia fueron: El Bosque del Edén, Humedales del Silencio, y costado occidental de la Laguna del Otún, que tienen coberturas de matorral y matorral-Frailejonal con sucesiones de 50 - 60 años. De lo anterior, el matorral se usó para restaurar Pajonal y el Matorral; por su parte, el Matorral-Frailejonal referencia para restaurar Pajonal-Frailejonal y el Matorral-Frailejonal.

- **Caracterización de la vegetación.**

La caracterización se realizó por medio de la regeneración natural, la cual fue calculada por la producción de tallos y hojas en cada escenario de restauración (plantas en general); para las macollas biomasa asimiladora, necromasa y reproductiva (Frailejones); en arbustos con el volumen biomasa generada, las herbáceas con el tipo de regeneración.

- **Metodología de muestreo.**

La caracterización de macollas se hizo por medio del método propuesto por Matteucchi & Colma (1982), denominado punto centrado o cobertura repetida, con 3 cuadrantes 10 x 10 m y una barra de 1 metro alto por 0.5 de diámetro, tomando 50 puntos al azar de forma estratificada, registrando el número de contactos de la biomasa asimiladora, necromasa y reproductiva cada individuo; con el fin de diagramar el desarrollo vertical de la vegetación.

La caracterización de arbustos se realizó con el método por transectos, con 1 transecto 50 x 2 m, en donde se registró la altura, diámetro menor y diámetro mayor de la corona; para calcular la cobertura de las especies que presentan regeneración y el porcentaje de volumen regenerado post-disturbio. Las herbáceas se evaluaron el tipo de regeneración y el porcentaje, se realizaron en 10 cuadrantes de 50 x 50 cm separados cada 5 m en el transecto de los arbustos; se registraron los datos de habito, estado fenológico, dispersión, estado de vida, altura y cobertura.

- **Caracterización tensionantes y limitantes.**

Los tensionantes antrópicos se evaluaron a través del registro de la presencia del ganado, con los indicios de pisoteo y número de plantas afectadas por las vacas. Por otro lado, los tensionantes bióticos son: la condición del suelo, evaluado con los estudios generales previos realizados, lo cuales dan una idea general del suelo post-disturbio. El clima, se identificaron con los datos del IDEAM 2006, entre los que están los datos de: brillo solar, precipitación mensual, temperatura máxima y distribución de vientos.

- **Resultados de la caracterización.**

Los resultados de macollas muestran que para todos los escenarios de restauración en las tres geoformas la especie dominante fue *Calamagrostis effusa*. **Matorral)** Dominante: *Calamagrostis effusa* (95 cm). **Pajonal)** Dominante: *Calamagrostis effusa* (55 cm). **Matorral-Frailejonal)**

Dominante: *Calamagrostis effusa* (80 cm). **Pajonal-Frailejónal)** Dominante: *Calamagrostis effusa* (80 cm). Los arbustos en todos los escenarios de restauración en las tres geoformas la especie dominante es *Baccharis tricuneata*. **Matorral)** Dominante: *Baccharis latifolia*, *Baccharis tricuneata*, *Escallonia myrtilloides*, *Diplostephium floribundum*, *Gynoxys baccharoide*. **Pajonal)** Dominante: *Baccharis tricuneata*, *Escallonia myrtilloide*. **Matorral- Frailejónal)** Dominante: *Baccharis tricuneata*, *Baccharis genisteilloides*. **Pajonal-Frailejónal)** Dominante: *Baccharis tricuneata*, *Diplostephium schultzei*.

Los resultados de herbáceas en todos los escenarios de restauración y las tres geoformas la especies dominantes fueron *Lachemilla sp*, *Lupinus mycrophyllum*, *Eryngium humile*, *Bidens andicola*, *Stachys laminoide*. **Matorral)** Dominante: *Laquemilla sp*, *Senecio formosus*, *Stachys laminoides*. **Pajonal)** Dominante: *Rumex acetosella*, *Lycopodium sp*, *Hypericum laricifolium*, *Lupinus mycrophyllum*. **Matorral-Frailejónal)** Dominante: *Eryngium humile*, *Lachemilla sp*, *Bidens andicola*. **Pajonal-Frailejónal)** Dominante: *Lachemilla sp*, *Hieracium sp*, *Rumex acetosella*, *Eryngium humile*.

- **Conclusiones del diagnóstico.**

Las especies resistentes al fuego y que según todos los datos arrojados del diagnóstico son: *Lachemilla sp* (*Gauteria sp*), *Lupinus mycrophyllum*, *Eryngium humile*, *Bidens andicola*, *Stachys laminoides*, *Castilleja integrifolia*, *Baccharis tricuneata*, *Baccharis genisteilloides*, *Pernettya prostata*, *Espeletia hartwegiana*.

- **Acciones de restauración ecológica 2007.**

El objetivo principal de esta fue: diseñar e implementar un proceso de restauración y protección en el área afectada por el incendio forestal de julio 2006 y zonas intervenidas en la cuenca alta del río

Otún, PNN Los Nevados que aporten a la disponibilidad de bienes y servicios ambientales y al cumplimiento de los objetivos de conservación del área con la participación del comité interinstitucional. En donde se buscó implementar acciones de restauración ecológica de la zona afectada por el incendio y desarrollar mecanismos y acciones que conduzcan a la disminución de las presiones antrópicas generadas sobre el área afectada por el incendio forestal y zonas intervenidas en la cuenca alta del río Otún, PNN Los Nevados.

En las actividades de restauración activa la meta era intervenir 11.5 ha con diseños y estrategias de restauración, por su parte, para la estrategia de restauración pasiva de 289 ha, se implementó una cerca de alambre de 4.018 km.

- **Objetivo1: Implementación de una estrategia de restauración activa en áreas afectas por el incendio.**

La estrategia se fundamenta en realizar acciones concretas de manejo integrado del paisaje, buscando adecuar y reponer la matriz en los diferentes escenarios afectados y potenciar las unidades naturales. En el planteamiento se tuvieron en cuenta la caracterización y el diagnóstico de los escenarios de restauración y referencia para realizar diferentes estrategias dirigidas a superar las barreras y limitantes de las áreas afectadas por el incendio.

En las estrategias de restauración activa se proyectaron dos metas: 1) Realizar una propuesta de restauración diseñada y en implementación; 2) De las 2.320 hectáreas en procesos de restauración implementadas, intervenir 15 Hectáreas restauración activa. En la Meta 1, se desarrollaron diversas acciones en cada uno de los escenarios de restauración, en donde cada tratamiento va dirigido a llevar la cobertura final o de referencia (Tabla 2).

Tabla 2. Tratamientos de restauración en cada uno de los escenarios de restauración (Holanda 2007).

TRATAMIENTOS	TIPO DE VEGETACIÓN A INTERVENIR					
	Matorral	Pajonal – Frailejonal	Frailejonal -Matorral	Pajonal		
Adición de semillas	X	X	X	X	X	X
Barreras antiescorrenia*	X	X	X	X	X	X
Siembras de plántulas	X	X	X	X	X	X
Núcleos activos de dispersión		X	X	X	X	X
Traslado de suelo y banco de semillas		X	X	X	X	X
Traslado de cespedones		X	X	X	X	X
Perchas para aves				X		X
Refugios para fauna		X		X	X	X
	Matorral	Pajonal – frailejonal	Frailejonal -Matorral	Matorral	Frailejonal-Pajonal	Frailejonal arbustal
	TIPO DE VEGETACIÓN PROSPECTADA					

*Este tipo de tratamientos solo se realizaron en los escenarios de ladera.

La Meta 1 tenía unos objetivos específicos y técnicas particulares para cada escenario de restauración ecológica, entre las que se encuentran:

1. Superar la barrera de regeneración por la disminución en las fuentes de semillas y activar los mecanismos de dispersión aumentando la presión de propágulos (**Técnica:** siembra y adición de semillas).
2. Recuperar la conectividad dentro de las áreas, permitiendo el tránsito de la fauna y posibilitar los flujos de semillas (**Técnica:** Construcción de perchas y artilugios para fauna).
3. Creación de núcleos activos de dispersión mediante la siembra de arbustos mayores a 1 m (**Técnica:** siembra de arbustos en floración/fructificación).
4. Disminuir la erosión mediante la siembra de especies herbáceas de rápida germinación y crecimiento de zonas no afectadas y crecimiento (**Técnica:** transposición de suelo y cespedones).
5. Creación de núcleos de facilitación con la siembra de especies herbáceas de rápido crecimiento (**Técnica:** Núcleos de vegetación).

6. Disminuir la pérdida de suelo por escorrentía superficial (**Técnica:** barreras anti-escorrentía).

La Meta 2, tenía como único objetivo, implementar acciones de choque (control de erosión) para la protección de laderas un año después del incendio. Para tal fin, se establecieron trampas contra cenizas y filtros en corrientes de agua. Sin embargo, las medidas propuestas perdieron su efectividad, dado que, con el lavado producido por la precipitación durante el año, no arrojaron resultados positivos. Por lo cual, no se implementaron estos tratamientos.

17

- **Implementación en campo de los acciones de restauración.**

Las acciones se dividieron en tres complejos o módulos, distribuidos en dos módulos de 0.5 ha (Modulo 1) y un módulo de 1 ha (Módulo 2), en las coberturas Frailejonal-Pajonal y Pajonal (Figura 1). El Modulo I-A, tiene un área de 0,5 ha (100m X 50m) en donde se establecieron los siguientes tratamientos: siembra de especies herbáceas como arbustivas, traslado de cespedones, núcleos de dispersión, adición de semillas, perchas para aves y refugios para fauna. El Modulo I-B, igualmente tiene un área de 0,5 ha (100m X 50m), pero se implementaron los tratamientos: adición de suelo, siembra de semillas y aclareo; estos se dispusieron en parcelas de 10m x 10m y distribuidos al azar.

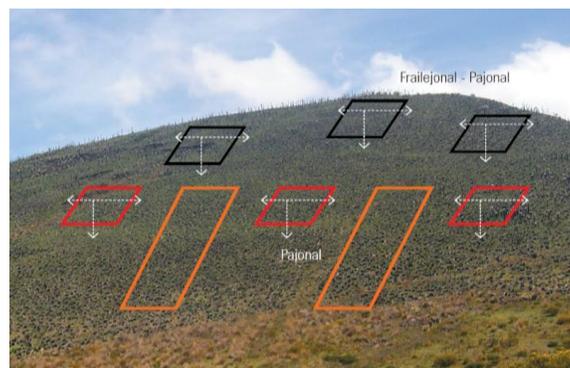


Figura 1. Distribución de los módulos de restauración, en donde se implementaron los tratamientos de la FASE I (Loteró et al. 2007).

El Módulo de 2, tiene un área de 50 x 200m (1 ha), donde se hicieron camas para semillas de *Lupinus sp1*, *Lupinus aff. tolimensis* y *Lupinus bogotensis* con una dimensión de 0.4 m2 (0.20m x 0,20m) a cada 5 metros de distancia, repartidas en 41 filas y 11 columnas para un total de 451 huecos por hectárea. El suelo previamente se repicó hasta los primeros 25 cm, con el fin de dar heterogeneidad y propiciar la creación de micrositos para las semillas.

Las especies vegetales utilizadas en las estrategias de restauración ecológica en los módulos de restauración, en donde se utilizaron alrededor de 16 plantas, las cuales se diferencian en la forma del propágulo utilizado y el tipo de ambiente donde se sembró (Tabla 3).

Tabla 3. Especies vegetales utilizadas en las acciones de restauración 2007 (Loteró et al. 2007). EF: especie facilitadora, EMD: especie maximizadora de biodiversidad. *Tipos de ambientes M: Matorral, PF: Pajonal-Frailejón, MF: Matorral-Frailejón, P: Pajonal.

FAMILIA	ESPECIE	FORMA DE VIDA	NOMBRE REGIONAL	FORMA DE SIEMBRA	RASGO	AMBIENTE SEMBRADO*			
						M	PF	MF	P
Fabaceae	<i>Lupinus sp1</i>	Hierba	Lupinus	Semilla, Plántula	EF	X	X	X	X
	<i>Lupinus aff. tolimensis</i>	Hierba	Lupinus	Semilla	EF	X	X	X	X
	<i>Lupinus aff. bogotensis</i>	Hierba	Lupinus	Semilla	EF	X	X	X	X
	<i>Lupinus microphyllus</i>	Hierba	Lupinus	Semilla	EF	X	X	X	
Gentianaceae	<i>Gentianella dasyantha</i>	Hierba	Lirio de páramo	Semillas, Plántula	EMD		X		
Scrophulariaceae	<i>Satureja nubigena</i>	Hierba	Poleo	Plántula	EF	X	X	X	X
	<i>Castilleja fisifolia</i>	Hierba	Brasas	Plántula	EMD				
Asteraceae	<i>Baccharis tricuneata</i>	Arbusto	Sanalotodo	Plántula	EMD	X			X
	<i>Baccharis sp.</i>	Arbusto		Semilla	EMD	X	X	X	X
	<i>Baccharis revoluta</i>	Arbusto		Semilla					
	<i>Gynoxis baccharoides</i>	Arbusto		Semilla	EMD				
	<i>Diplostephium shultzii</i>	Arbusto	Romero	Semilla	EMD		X	X	
	<i>Diplostephium floribundum</i>	Arbusto	Romero	Semilla	EMD		X	X	
	<i>Pentacalia vaccinooides</i>	Arbusto		Semilla	EMD	X	X	X	
Rosaceae	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Arbusto	Mortiño	Semilla	EMD				
Clusiaceae	<i>Hypericum laricifolium</i>	Arbusto	Guardarrocío	Plántula	EMD	X			X

• **Tratamiento de restauración.**

Artilugios para la fauna: En cada módulo de restauración se construyeron seis refugios artificiales, donde se usaron los troncos quemados de frailejón, el criterio de localización del mismo

evidenciar las madrigueras de pequeños mamíferos, o donde la vegetación de gramíneas facilitara su conformación (Figura 2).



Figura 2. Artilugios para la fauna en la FASE I (Holanda 2007).

Perchas para la Fauna: las perchas para aves fueron elaboradas con un listón de madera, el eje principal tiene altura de 2,5 m y es enterrado 0,5 m al suelo, este eje tiene dos travesaños paralelos de 1,5 m cada uno, separados a 0,8m uno del otro.



Figura 3. Perchas para la fauna en la FASE I (Holanda 2007).

Parcela de núcleos dispersión: este núcleo se utilizaron especies 5 en estado reproductivo entre 0.8m - 1,5 m: *Diplostephium floribundum* (2 individuos), *Baccharis tricuneata* (2 individuos) y *Hypericum laricifolium* (1 individuo) y fueron bloqueados y plantados en el centro de la parcela. Alrededor del núcleo central se sembraron plántulas de *Lupinus aff. tolimensis* distantes entre sí a

1 m, para que formen cobertura herbácea para que facilitara y promoviera la germinación de las semillas dispersadas por las especies plantadas (Figura 4).

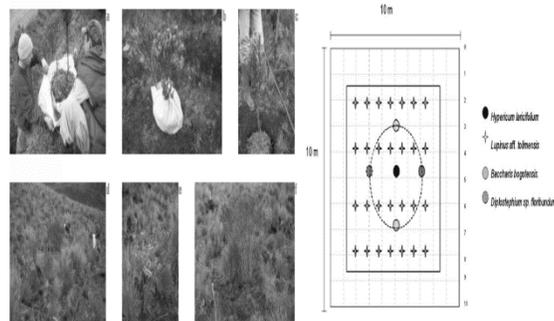


Figura 4. Núcleos de dispersión en la FASE I (Loteró *et al.* 2007).

Translocación de cespedones: los cespedones fueron colectados de los sitios de referencia, en donde se extrajo un área de 0,04 m² de cespedón (0,20m x 0,20m), tomando toda la vegetación rasante incluyendo sus raíces. Cada cespedón se sembró a una distancia de 2m del otro, tomando en cuenta que no deben quedar espacios de aire bajo él, para evitar la muerte de la vegetación (Figura 5).

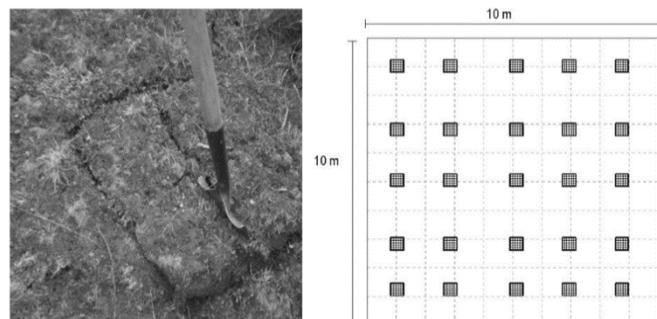


Figura 5. Translocación de cespedones en la FASE I (Loteró *et al.* 2007).

Parcelas de herbáceas y arbustivas: Las parcelas realizaron la combinación arbusto, con las tres especies de herbáceas sembrando los individuos separados a 1 m, se hicieron dos tipos de parcelas de 10m X 10m. La Parcela arbustivas, fue diseñada colando especies intercaladas de arbustos y

herbáceas, de forma de que cada arbusto este separado 4 metros. Las especies arbustivas utilizadas para estas parcelas se encuentran: *Diplostephium*, *Baccharis*, *Hypericum* y las herbáceas fueron: *Gentianella dasyantha*, *Castilleja fisifolia* y *Lupinus aff. bogotensis*. La Parcela herbáceas, fue diseñada con una mezcla de solo herbáceas, las especies sembradas fueron: *Gentianella dasyantha*, *Castilleja fisifolia*, *Satureja nubijena* y el diseño fue en bandas con la misma especie, separadas 1 m entre sí (Figura 6).

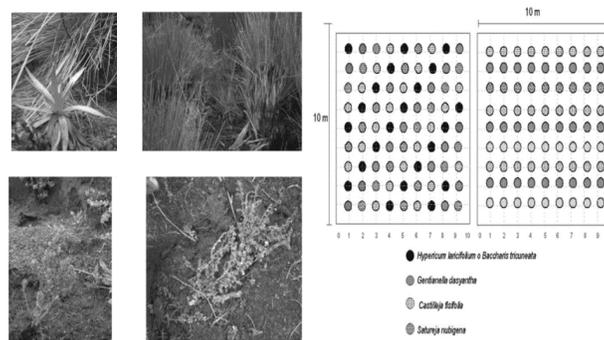


Figura 6. Parcelas de herbáceas y arbustivas en la FASE I (Loteró et al. 2007).

Siembra de especies leñosas: Se recolectaron los frutos de *Hesperomeles obtusifolia*, *Pentacalia vaccinioides*, *Hypericum laricifolium*, *Baccharis revoluta*, *Baccharis* sp, *Gynoxis baccharoides* y *Diplostephium schultzei*, los frutos de las Asteráceas se secaron y la de *H. obtusifolia* fue escarificada para agilizar el desprendimiento del capítulo. En cada parcela de 10m x 10m se ubicaron 10 puntos donde se sembraron semillas de 3 arbustivas, en cada punto de siembra se quitó la capa de suelo superficial, se repico hasta 25 cm de profundidad y se sembró 0.5 gramos de semillas (Figura 7).

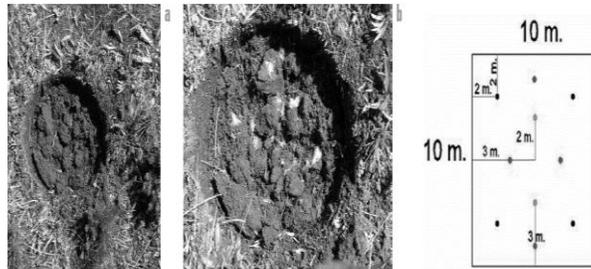


Figura 7. Siembra de semillas de especie arbustivas en la FASE I (Loteró et al. 2007).

Aclareos: esta técnica consistió en la remoción y repicado de la capa superficial del suelo que se encuentra compactada como consecuencia del incendio. Se ubicaron diez puntos dentro de cada parcela, en estos sitios se retiró la capa superficial y se repicó el suelo en un área 0,25m² (0,5m x 0,5m), para facilitar el establecimiento de los individuos que puedan llegar por dispersión o a través del banco de semillas existente en el sitio (Figura 8).



Figura 8. Aclareos en la FASE I (Loteró et al. 2007).

Adición de suelo (bancos de semillas): Se extrajo suelo de los sitios de referencia, retirando la cubierta vegetal y dejando al descubierto los primeros horizontes. El suelo se extrajo hasta 10 cm de profundidad (mayor abundancia de los bancos de semillas). El volumen de suelo extraído para cada parcela fue de 250.000 cm³. En el escenario de restauración se adecuaron camas para las semillas, retirando la capa superficial y repicando el suelo en un área de 0,25m² (0,5m x 0,5m). El

suelo extraído de referencia se extendió formando una capa de máximo 1 cm de espesor y el volumen de suelo para cama fue de 25.000 cm³ (Figura 9).



Figura 9. Adición de suelos en la FASE I (Loteró et al. 2007).

Barreras anti-escorrentía: las barreras se construyeron con troncos de frailejón de individuos muertos durante el incendio, los cuales se ubicaron perpendicularmente a la pendiente y asegurado con estacones. Se ubicaron cinco barreras por cada parcela, cada barrera era de aproximadamente 2 metros de longitud y separadas entre ellas cada 4 metros. Este tratamiento se realizaron combinaciones con otras estrategias: siembra de especies leñosas, con aclareo de pequeñas áreas y adición de suelo (Figura 10).

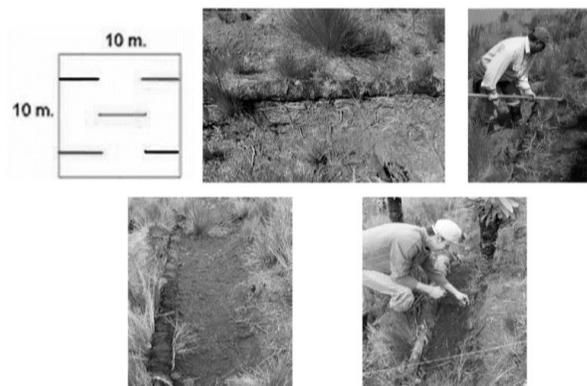


Figura 10. Barreras anti-escorrentía con combinaciones con otras técnicas en la FASE I (Loteró et al. 2007).

- **Plan monitoreo de las acciones de restauración 2007**

El objetivo general fue: evaluar la efectividad de los tratamientos de restauración implementados a partir de la caracterización y diagnóstico de la vegetación 2007, monitoreando constantemente la vegetación, fauna y suelo de la zona tratada. Este plan tiene tres fases importantes:

24

- **Fase I evaluar el desempeño del tratamiento:** Inicia después de la implementación, hasta cuando se establezcan de las especies germinadas. *Indicador:* Mortalidad de especies.
- **Fase II Evalúa el desarrollo de las especies para presumir cambios microambientales favorables:** Inicia después del establecimiento y hasta cuando se evidencien cambios en la estructura y función. *Indicadores:* Reclutamiento y establecimiento de nuevas especies de plantas-fauna.
- **Fase III Evaluar si el objetivo final se está logrando teniendo como punto de partida los escenarios de referencia:** Inicia cuando ocurren cambios en la estructura y función, termina cuando la composición, estructura y función es igual al ecosistema de referencia. *Indicadores:* estructura, composición y función del ecosistema.

Los indicadores seleccionados para el monitoreo de las estrategias de restauración ecológica del 2007 definición de las variables de composición, estructura y función en las tres Fases (Tabla 4).

Tabla 4. Indicadores en cada fase del monitoreo de efectividad para los tratamientos de restauración (Loteró et al. 2007).

Tipo de tratamiento	Fase del Monitoreo de Efectividad	Composición	Indicadores	
			Estructura	Función
Adición de suelo	Fase I	Abundancia de especies nativas.		-Tasa de crecimiento. -Porcentaje de supervivencia
	Fase II	-Cobertura de especies nativas. -Abundancia -Densidad		
	Fase III	-Abundancia de especies nativas -Densidad de especies nativas -Riqueza de especies. -Diversidad de especies nativas.	-Distribución de formas de vida.	-Presencia de especies faunísticas indicadoras.
Siembra de semillas de especies leñosas y herbáceas	Fase I	-Densidad de los individuos de las especies sembradas.		-Tiempo de Germinación
	Fase II	-Cobertura de especies sembradas		-Tasa de crecimiento. - Porcentaje de supervivencia.
	Fase III	-Abundancia de especies nativas -Densidad de especies nativas. -Riqueza de especies nativas. -Diversidad de especies nativas	-Distribución de las formas de vida.	-Presencia de especies faunísticas indicadoras.
Aclareo de pequeñas áreas.	Fase I	-Abundancia de especies nativas. -Densidad -Riqueza de especies.		-Tasa de crecimiento. -Porcentaje de supervivencia.
	Fase II	-Cobertura de especies		
	Fase III		-Distribución de formas de vida.	-Presencia de especies de fauna indicadoras.
Barreras antiescorrentia	Fase I			-Tiempo de Germinación -Porcentaje de supervivencia. -Tasa de crecimiento
	Fase II	-Cobertura de especies		
	Fase III	-Abundancia de especies nativas. -Densidad de especies nativas -Riqueza de especies nativas. -Diversidad de especies nativas.	-Distribución de formas de vida.	-Presencia de especies de fauna indicadoras.
Núcleos de regeneración	Fase I			-Porcentaje de supervivencia.
	Fase II	-Características microclimáticas: humedad, temperatura y luz.	-Distribución de formas de vida.	-Tasa de crecimiento.
	Fase III	-Densidad de individuos de las especies sembradas. -Densidad de especies nativas. -Riqueza de especies nativas		
Refugios para fauna	Fase I	- Efectividad de uso.		
	Fase II	-Densidad de uso. -Diversidad de especies de mamíferos pequeños que usan la estructura.	-Distribución de especies de mamíferos pequeños que usan la estructura.	
	Fase III	-Conectividad de la estructura		-Evidencia de restablecimiento de relaciones tróficas.
Perchas para aves	Fase I	-Densidad de uso de las percha por aves dispersoras de semillas.		
	Fase II			-Tasa de germinación de especies ornitócoras
	Fase III	-Abundancia de especies ornitócoras germinadas bajo las perchas. -Diversidad de especies ornitócoras germinadas bajo las perchas.		-Tasas de implantación de especies ornitócoras
Siembra de plántulas de especies arbustivas y herbáceas	Fase I			-Tasa de supervivencia. -Tasa de crecimiento.
	Fase II	-Características microclimáticas: humedad, temperatura y luz.	-Distribución de formas de vida.	
	Fase III	-Abundancia de especies nativas. -Densidad de especies nativas -Riqueza de especies nativas. -Diversidad de especies nativas.	-Distribución de formas de vida.	-Abundancia de especies de fauna polinizadoras y/o dispersoras de semillas.

• FASE II.

El objetivo general del proyecto fue: Apoyar la coordinación del proyecto “Diseño e implementación de un proceso de restauración y protección del área afectada por el incendio forestal de julio de 2006 y zonas intervenidas en la cuenca alta del río Otún, PNN Los Nevados”.

Entre los 6 objetivos específicos del proyecto, los referentes a actividades de restauración tanto activa como pasiva, se encontraban: 2. Apoyar la actualización de la propuesta conceptual y metodológica para la restauración ecológica del área afectada por el incendio; 3. Apoyar la coordinación para la implementación de restauración activa en áreas priorizadas dentro de la zona afectada por el incendio, a partir de los diseños antiguos y nuevos que se requieran; 6 Apoyar la evaluación de los tratamientos de restauración activa implementados anteriormente y los que se implementen en el presente contrato.

- **Objetivo 2. Evaluación de las estrategias de restauración 2007.**

Para actualizar la propuesta conceptual y metodológica de restauración ecológica fue necesario evaluar los resultados de las estrategias del 2007, el cual mostro que las técnicas con mejores resultados fueron: siembra de plántulas con una altura mayor a 40 cm de *Hypericum strictum*, *Lupinus tolimensis*, *Lupinus bogotensis* y *Gentianella dasyanta* con un 66% de supervivencia y el traslado de cespedones que tenían a *Hypericum laricifolium* y *Baccharis tricuneata* con el 73% de supervivencia. Por otro lado, las perchas y los artilugios se observaron fecas en 18 perchas (40%), en el 60% de los artilugios.

- **Objetivo 3. Actualización de la propuesta de restauración ecológica.**

A partir de los resultados anteriormente mencionados, se establece que las estrategias de restauración ecológica están dirigidas a generar núcleos de regeneración, los cuales se basan en la siembra mixta de especies arbustivas formadoras de dosel, que a largo plazo estimulen microcondiciones para amortiguar cambios ambientales a los que se enfrentan los páramos alterados. El área efectiva para restauración activa será de 50 ha, en donde se deben tener en cuenta la propagación en vivero de material vegetal para sembrar, la identificación de los mejores sitios de colecta de propágulos e individuos y zonas con micro-sitios para supervivencia de especies implementadas.

- **Acciones de restauración ecológica 2009.**

Las zonas de implementación de los diseños de restauración finales cubren alrededor de 53 ha, aunque las estrategias no se establecieron en un solo sitio (Figura 11), estos diseños fueron repartidos en 3 localizaciones diferentes dentro de la jurisdicción del PNN Los Nevados:

- **25 ha en Alsacia Baja (cerca de la laguna del Otún)**, repartidos en 4 módulos de 6,25 ha, estableciendo corredores biológicos entre relictos de bosque para conectarlos. **Técnica:** núcleos de facilitación, conexión y regeneración.
- **20 ha en Lomabonita**, se implementaron para el enriquecimiento de áreas abiertas de pastizales. **Técnica:** micronúcleos de regeneración.
- **8 ha en Bagaseca**, se implementaron para el enriquecimiento de áreas abiertas de pastizales. **Técnica:** micronúcleos de regeneración.

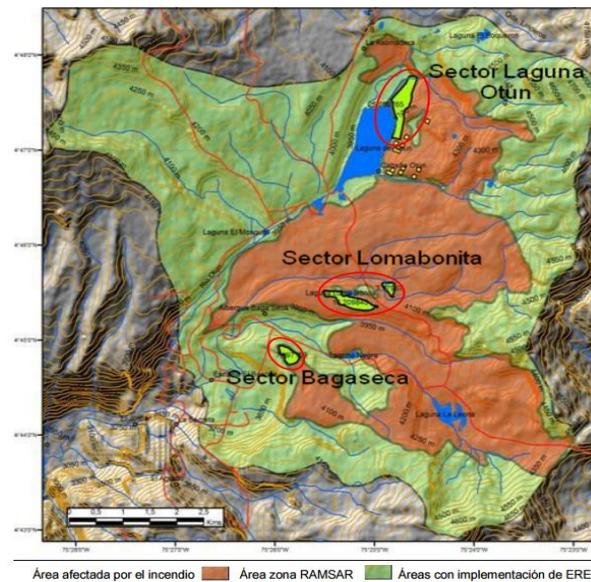


Figura 11. Lugares de implementación de las estrategias de restauración de la FASE II (Trujillo 2009).

Las estrategias de restauración ecológica se establecieron en tres sitios diferentes porque el objetivo era intervenir áreas con mayor impacto antrópico, por esta razón se incluyeron los sectores de Lomabonita y Bagaseca, ya que estas áreas al estar más alejadas a la infraestructura de los funcionarios del parque, presentaba problemas de regeneración de arbustos por acción de la ganadería y evidencia de recurrencia de incendios. Es así que se acuerda generar 25 ha de restauración activa en el sector de Alsacia baja (Laguna del Otún), Lomabonita (20 ha) y Bagaseca (8 ha) respectivamente.

- **Alsacia baja (Laguna del Otún).**

En este sector se establecieron 4 módulos y cada uno con 6,25 ha. En cada módulo se implementaron tres tipos de núcleos, 1) **núcleos de regeneración**: con diseño de bloques y con tres técnicas mezcladas (trasplante plántones, siembra de arbustos provenientes del vivero y trasplante de cespedones) (Figura 12); 2) **núcleos de facilitación**: tienen un diseño circular con mezcla de especies arbustivas y herbáceas (Figura 13); 3) **núcleos de conexión**: tienen un diseño triangular con mezcla de especies arbustivas y herbáceas (Figura 14).

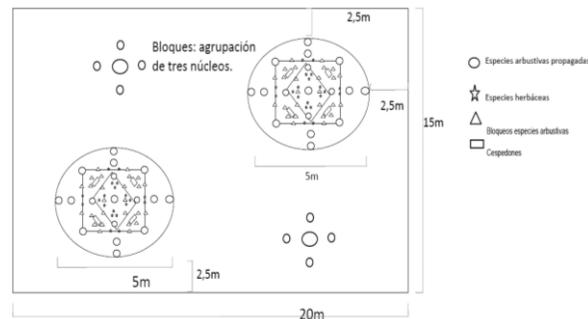


Figura 12. Núcleos de regeneración de la FASE II (Trujillo 2009).

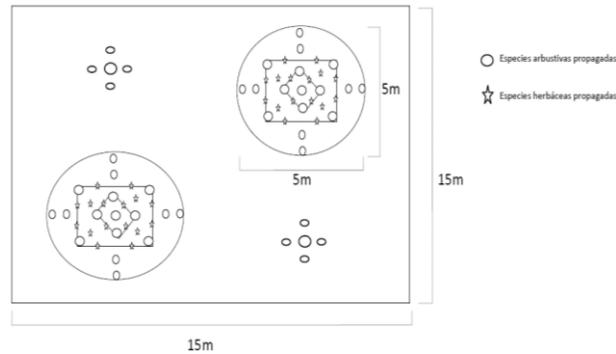


Figura 13. Núcleos de facilitación de la FASE II (Trujillo 2009).

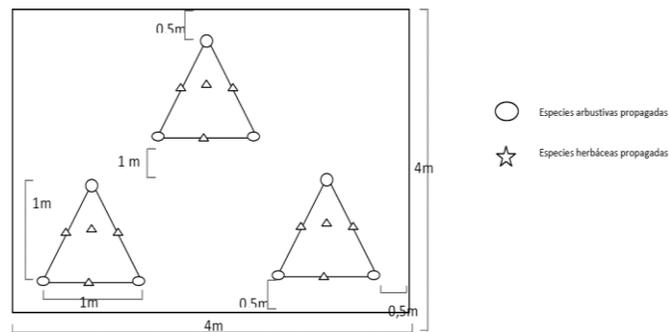


Figura 14. Núcleos de conexión de la FASE II (Trujillo 2009).

La distribución de éstos núcleos llevan un patrón de conectividad, en donde los núcleos de mayor tamaño van interconectados con los de menor tamaño para formar corredores, a este diseño se le agregaron barreras anti-escorrentía en contra de la pendiente (Figura 15, Figura 16).

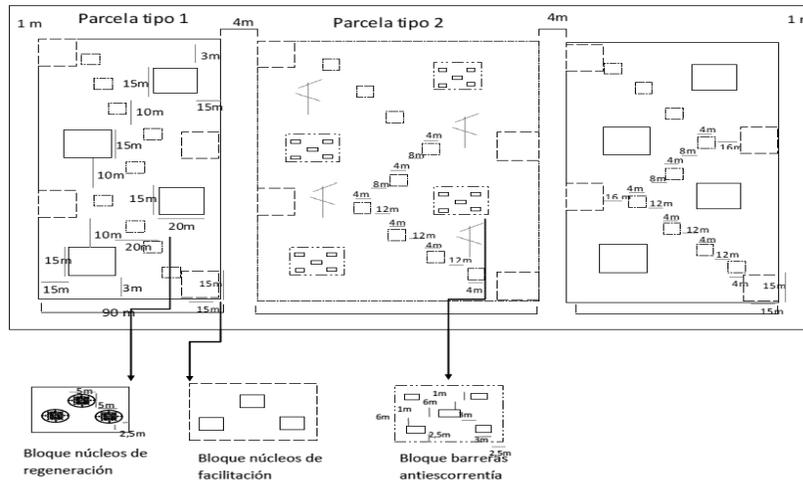


Figura 15. Distribución de los núcleos de conexión, facilitación, barreras anti-escorrentía de la FASE II (Trujillo 2009).

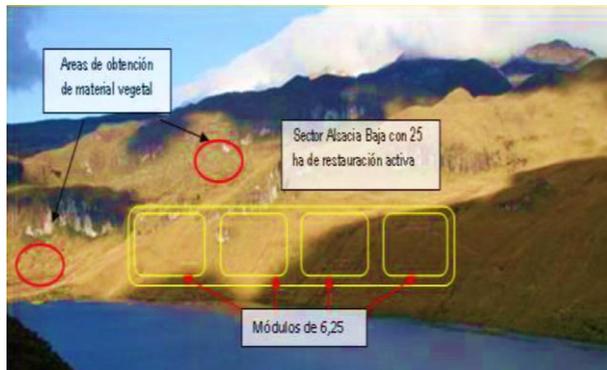


Figura 16. Localización en campo de los módulos con los núcleos de conexión, facilitación, barreras anti-escorrentía de la FASE II (Trujillo 2009).

Los sitios de Bagaseca y Lomabonita solo se implementaron los de núcleos de regeneración, con diseño de bloques y con tres técnicas mezcladas (trasplante plantones, siembra de arbustos propagados provenientes del vivero y trasplante de cespedones)

- **Plan monitoreo de las acciones de restauración 2009.**

El plan de monitoreo de los Individuos implementados que fueron propagados en el vivero y los cespedones plantados se realizó utilizando los indicadores de supervivencia, porcentaje de sequía, altura, diámetro mayor y menor (cobertura y volumen). Los objetivos del plan de monitoreo fueron:

- **Objetivo 1: Evaluar la regeneración natural en el área afectada por el incendio como control:** comparación de la vegetación sucesional por regeneración en los sitios quemados y el sitio de referencia. *Indicadores:* Regeneración natural de la vegetación.

En la regeneración natural se identificaron varios escenarios de restauración en donde ocurrieron diferentes procesos de sucesión después del incendio, se evaluaron 8 sitios en total: La Asomadera, Alsacia baja, Alsacia Alta, Camino a los Caños, La Teta, Camino al Santa Isabel, Arriba de la cabaña y la Azufrera. Por otro lado, el escenario de referencia fue el Bosque del Edén (Laguna del Otún), para la comparación entre ambos escenarios.

El método de muestreo en campo fue el método modificado de Punto Intercepto (Matteucchi & Colma1982) propuesto Vargas (2000), denominado Punto Centrado, se realizaron 3 transectos de 50m x 2m, los cuales fueron marcados cada 10m y se tomaron 3 puntos perpendicular (18 en total), registrando la frecuencia de especies, altura alcanzada y tipo de biomasa producida por cada especie, por medio de una varilla de 2,5m de largo y 0.5cm de diámetro, dividida cada 10cm y ubicada en cada punto de muestreo. La regeneración se determinó con el porcentaje de cobertura vegetal por especie en un cuadrante de 1m x 1m en 3 puntos de muestreo a lo largo del transecto (Figura 17).

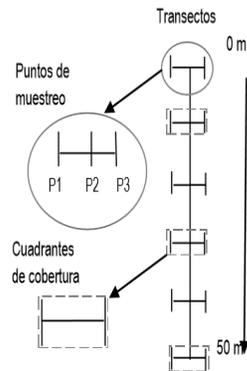


Figura 17. Método de Punto Centrado de la FASE II (Trujillo 2009).

El análisis de los datos a partir de la metodología propuesta en cada lugar fue: determinar la abundancia relativa (modelos de abundancia), composición, riqueza (índice de Margalef) y diversidad de especies (índice de Shannon-Wiener). Diferencias entre sitios serán evaluados por medio de la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis.

- **Objetivo 2: Establecer el éxito de la implementación de especies y de los tratamientos de propagación:** conteo de arbustos propàgados y los cespedones. *Indicadores:* Supervivencia.

Las estrategias de propagación se evaluaron con la sobrevivencia por especie por tratamiento y el desarrollo de las especies implementadas a lo largo del tiempo sobre los individuos sembrados (altura, cobertura y volumen por especie). La altura se reportó como la longitud alcanzada desde la base del tallo hasta la parte más alta del follaje, la cobertura (desarrollo horizontal) se calculó a partir del diámetro mayor y menor; el volumen se halló de la relación de altura y cobertura alcanzada por cada planta (Figura 18).

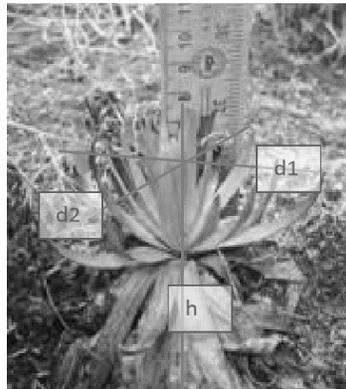


Figura 18. Variables de altura, cobertura para la supervivencia de individuos de la FASE II (Trujillo 2009).

- **Objetivo 3: Establecer el grado de afectación de los individuos en el proceso de implementación:** determinar el grado de afectación de las especies al momento de implementación. *Indicadores:* Porcentaje de sequía.

El grado de afectación de los individuos implementados se evaluó con el porcentaje de sequía por cada especie y en cada una de las estrategias, en donde se tomó una muestra representativa de réplicas de cada estrategia y se observó la evidencia de sequía por individuo y establecer un gradiente de afectación (Figura 19).



Figura 19. Gradiente de afectación de sequía de la FASE II (Trujillo 2009).

- **Resultados de monitoreo de las estrategias de restauración 2009.**

- **Objetivo 1.**

La regeneración natural de especies en áreas afectadas por incendio arrojó que la composición fue de 811 individuos, 27 géneros y 17 familias y 35 especies; la familia Asteraceae tiene el mayor número de especies (10) y abundancia de individuos (165); Las especies más abundantes fueron *Calamagrostis effusa* con 285 reportes, *Pernettya próstata* 68 reportes, *Espeletia hartwegiana* 45 reportes, *Baccharis tricuneata* 41 reportes. La riqueza del índice de Margalef fue de 5,076 y la diversidad con el índice de Shannon fue de 2,632.

Las formas de vida reportadas mostraron que las gramíneas son las más abundantes con 321 reportes, las herbáceas con 222 tiene reportes, las rastreras con 131 reportes y arbustos con 115; Sin embargo, para la riqueza específica de las gramíneas fue de 4 especies, en comparación con las rastreras y arbustos con 7 especies y las herbáceas que fue de 16 especies. La gramínea más abundante fue *C. effusa* (88,78%), las herbáceas fueron más homogéneas, la rastreras dominantes fueron *P. prostrata* 77% y *L. orbiculata* con el 52%, los arbustos más abundantes fueron *E. hartwegiana* con 39,13%, *B. tricuneata* con el 35,6% y *E. myrtilloides* con 17,4 %.

La regeneración vegetal no mostró diferencias significativas en las variables de riqueza y diversidad en la mayoría de los 8 sitios evaluados, sin embargo, los sectores de Alsacia Baja y Arriba de la Cabaña hubo diferencias significativas para diversidad ($p=0,001661$; H: 23,07) y riqueza ($p=0,001661$; H: 23,07); en donde Alsacia Baja se encontraron los valores más altos. Para la variable de cobertura, el sector de la Azufrera arrojó diferencias ($p=0,003696$; H: 19,29; Hc: 19,31) con respecto a los sectores de Alsacia baja, Alsacia alta y Camino a los caños; ya que Azufrera tiene el porcentaje de cobertura más bajo 18.7% y en el sector Arriba de la cabaña fue el mayor con 76%.

Los escenarios de referencia (Bosque del Edén, humedal del Silencio y Costado Occidental de la Laguna Otún), se encontró que para Bosque del Edén entre sus coberturas de matorral, matorral-

frailejonal, Pajonal y Pajonal-Frailejonal tienen diferencias significativas en composición y abundancia; así mismo, los índices de diversidad y riqueza reportan que el Pajonal-frailejonal y Matorral-Frailejonal son las coberturas más complejas. Las especies *Escallonia myrtilloides*, *Calamagrostis effusa* y *Lachemilla orbiculata* arrojó abundancia alta en todas las coberturas, el frailejón *E. hartwegiana* se encuentran en casi todos los sitios, pero con abundancia alta en ciertas coberturas.

La diferencia de los sitios de regeneración con respecto a los sitios de referencia se realizó con un igual número de transectos dispuestos en cada lugar (3 sitios), dando como resultado que los sitios alterados tienen valores de riqueza, abundancia y diversidad más bajos (Tabla 5). El modelo de abundancia demostró que la referencia se ajusta a un modelo exponencial, con las especies dominantes *L. orbiculata*, *E. myrtilloides*, *H. strictum*, *H. laricifolium*, *C. effusa*; Por otro lado, lugares con regeneración el modelo arroja solo una especie dominante (*C. effusa*), acompañada de una gran cantidad de especies con abundancias muy bajas.

De igual manera, la similitud de las coberturas del sitio de referencia con las del sitio afectado es baja, en comparación con similitud que existe entre las coberturas del sitio no alterado. Por lo cual, existe una gran diferencia entre ambos sitios.

-

Tabla 5. Resultados de riqueza, abundancia, diversidad y índice de riqueza de sitios alterados y referencia de la FASE II (Trujillo 2009).

	Riqueza	Abundancia	Diversidad	Índice de riqueza
Ecosistema Referencia	46	194,5	2,81	4,98
Ecosistema Alterado	16	107,5	2,17	3,34

Para determinar un patrón temporal de regeneración, se evaluó la vegetación en tres épocas distintas, Diciembre del 2008 (Verano), Abril de 2009 (Invierno) y Agosto de 2009 (Verano)

en transectos permanentes del sector de Camino a los caños, Camino al santa y Arriba de la cabaña. Se reportó que después de 1 año del incendio existen 72 especies regenerando, la familia Asteraceae es la dominante y las herbáceas tienen la mayor frecuencia en comparación de los arbustos (baja); sin embargo, entre los arbustos el Rodamonte (*E. myrtilloides*) y Chilco (*B. tricuneata*) registran más del 90% de los individuos regenerados. A los 2 años se evidenció que el 53% de cobertura del suelo es vegetación regenerada, mientras que después de 3 años éste porcentaje aumentó a un 80% de cobertura, pero esta cobertura vegetal es dominada por *C. effusa*, lo que está llevando a un predominio de pajonales con macollas asociadas (Figura 20).

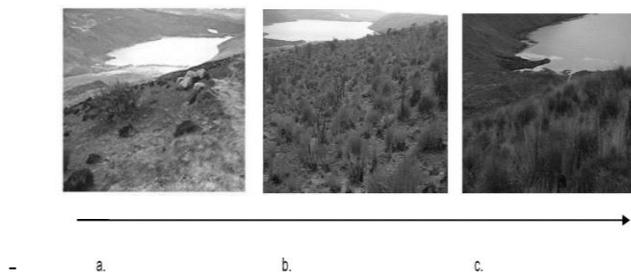


Figura 20. Dominancia de *C. effusa* en áreas de regeneración natural la FASE II (Trujillo 2009).
a) momento del incendio, b) 1 año del incendio, c) 2 años después del disturbio.

- **Objetivo 2.**

La evaluación de la tasa de supervivencia de los individuos implementados en los tres sitios fue alrededor del 95% entre las plántulas de bloqueo y los arbustos, los cespedones trasplantados arrojaron un 71%. El sector con el mayor porcentaje de individuos sobrevivientes fue Lomabonita con un 94% y sector con menor porcentaje fue Bagaseca con el 85%. Las especies del género *Pentacalia* presentaron una supervivencia del 100%, aunque eran pocos de individuos, *D. shultzii* fue especie con mayor supervivencia con el 98%, *D. revolutum*, *H. laricifolium* y *E. myrtilloides* con el 90% y *B. tricuneata* y *H. strictum* con el 84%.

Los tratamientos de propagación de especies se observó que el método por semillas presento menor mortalidad de individuos, en comparación con la propagación con estacas; por ejemplo, las especies herbáceas utilizadas obtuvieron un mejor resultado que las semillas de los arbustos. Las especies del género *Lupinus* son las más se propagaron por semillas, en poco tiempo (20 días) y con mejores resultados de desarrollo y crecimiento. Por el contrario, las propagadas por estacas como *E. myrtilloides* y *P. seríceo* fueron condicionadas por la ubicación de individuos aptos para colecta de estacas y su proceso de producción es más complicado.

La altura de individuos mostró que *B. tricuneata*, *H. strictum* y *H. laricifolium* son las especies que alcanzaron la mayor altura. Sin embargo, *L. bogotensis* obtuvo los rangos más altos para cobertura y sobresale entre los arbustos *B. tricuneata* con desarrollo horizontal sobresaliente (Figura 21)

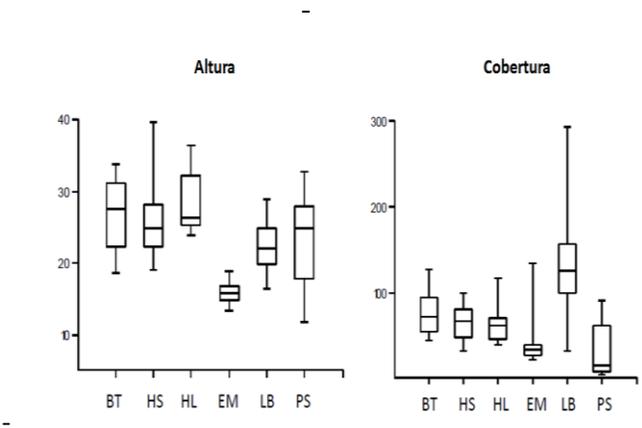


Figura 21. Rangos altura y cobertura de las especies propágadas en la FASE II (Trujillo 2009).
BT: *B. tricuneata*; HS: *H. strictum*; HL: *H. laricifolium*; EM: *E. myrtilloides*; LB: *L. bogotensis*; PS: *P. seríceo*.

Objetivo 3.

El porcentaje de sequía mostró que el 55% de los individuos evaluados tiene porcentaje bajo de sequía (30% de sequía), igualmente un 15% de individuos totales no presenta sequía y otro 15%

de los individuos tiene un porcentaje de sequía alto. Por lo tanto, se estableció que después de 4 meses el grado de implementación las estrategias de restauración fue alto.

El sector de Bagaseca arrojó el mayor porcentaje de sequía alta y el menor en baja, lo que indicó que las plantas se adaptaron menos al medio, este resultado pudo ser resultado por efecto de la actividad ganadera. En Lomabonita los individuos se adaptaron mejor, ya que los resultados evidencian el valor más alto de individuos con porcentaje de sequía baja (Figura 22). Así mismo, se encontraron diferencias significativas entre Lomabonita y los otros dos sitios ($p = 0,05017$).

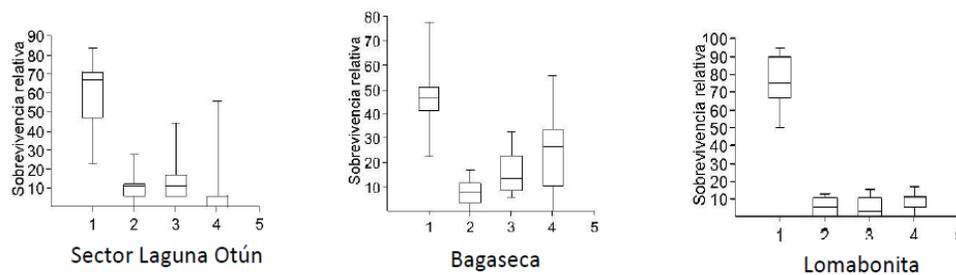


Figura 22. Rangos del porcentaje de sequía de los individuos implementados en la FASE II (Trujillo 2009). 1) sequia baja, 2) sequia media, 3) sequia alta, 4) sequia nula.

- **Conclusiones de la FASE II.**

1. Se cumplió con la meta construcción de un invernadero, adecuación de un vivero en el sector Laguna del Otún, propagaron 30.100 plántulas en condiciones de invernadero, la implementación de 53 ha de restauración activa (25 ha en el área de Alsacia baja, 20 ha en el sector de Lomabonita y 8 ha en el sector de Bagaseca).
2. Las especies implementadas con las estrategias de restauración activa arrojaron un porcentaje de supervivencia del 90,5%, en donde los arbustos romero, chilco, siete cueros, pino de páramo, velillo obtuvieron resultados favorables.
3. Se evidenció en los individuos implementados con un porcentaje de sequía bajo y en una minoría un porcentaje de sequía alto.

4. Se encontraron diferencias significativas entre los sitios de implementación, hubo diferencias entre Lomabonita la cual presento mayor supervivencia, con respecto a Bagaseca y Laguna del Otún. Dado que Lomabonita fueron sembrados los individuos propagados en vivero, en los otros sitios fueron individuos trasplantados.
5. Los cespedones se presentaron una sobrevivencia del 71%, en donde cespedones con mayor supervivencia son los que especies rastreras resistentes a condiciones adversas como el *L. orbiculata* y *P. prostrata*.
6. Los métodos propagación mostraron que la el método por semillas fue el más efectivo al presentar mayor sobrevivencia en comparación con otros métodos, en donde la propagación a partir de estacas es la que presenta mayor mortalidad. Donde se destaca especialmente *L. bogotensis* por su corto ciclo reproductivo y alta tasa reproductiva.
7. En la regeneración natural se evidenció que la cobertura de la vegetación se ha extendido % luego del 1 año del incendio y 80% tras 3 años del incendio, en donde es dominada por *Calamagrostis effusa* y en menor proporción de algunas otras especies herbáceas.
8. La extensión y recuperación de las gramíneas puede ser un factor importante para reducir la pérdida de suelo por escorrentía, por ejercer una retención de suelo por medio del desarrollo radicular, así mismo, generando micro-condiciones que puedan favorecer a la germinación y rebrote de otras especies arbustivas o herbáceas.
9. Al inicio no se reportaba un alta regeneración de arbustos, únicamente *Escallonia myrtilloides* y *Baccharis tricuneata* con pocos conteos; sin embargo, luego de 2 y 3 años del incendio se reportó un aumento de especies arbustivas, como es el caso de pino de páramo (*H. strictum*), velillo (*H. laricifolium*), romero blanco (*D. shultzii*) y romero amarillo.

- FASE III.

El proyecto se ejecuta en un área de 26.100 hectáreas al interior del Parque Nacional Natural Los Nevados, donde involucro las necesidades puntuales a las Corporaciones Autónomas Regionales de Risaralda, Caldas, Quindío y Tolima en su calidad de Autoridades Ambientales de las respectivas áreas de influencia del Parque. Una de las necesidades actuales es intervenir áreas afectadas por el incendio forestal que impactó severamente 2.400 hectáreas del PNN Los Nevados en el mes de julio de 2006, se conformó un comité interinstitucional por CARDER, CORPOCALDAS, CORTOLIMA, CRQ, Aguas de Pereira, Alcaldía de Santa Rosa de Cabal, Universidad Tecnológica de Pereira, WWF, Parques Nacionales Naturales de Colombia y El MAVDT, con el fin de apoyar el proceso de restauración de la zona afectada.

- **Acciones de restauración ecológica 2011 – 2013.**

El objetivo general fue: Diseñar y establecer alternativas para la disminución de presiones sobre los Valores Objeto de Conservación del PNN Los Nevados y su zona de influencia en los sectores de las cuencas de los ríos Combeima, Quindío, Campo Alegre y Otún. En donde se buscó: 1) formular e implementar alternativas de saneamiento predial para la mitigación de impactos generados por el uso y ocupación al interior del Parque Nacional Natural Los Nevados; 2) implementar prácticas de reconversión ganadera a partir del fortalecimiento de procesos establecidos y el desarrollo de nuevos procesos; 3) reglamentar e implementar la actividad ecoturística del Parque Nacional Natural Los Nevados y su Zona de influencia en los sectores de Combeima, Cocora y Campo Alegre.

El proyecto fue dirigido a avanzar sobre el objetivo 1: “búsqueda de alternativas efectivas hacia el saneamiento predial, fortalecimiento del programa de control y vigilancia, evaluación e implemetación de acciones de reconversión de sistemas tradicionales de producción hacia sistemas sostenibles, reglamentación concertada de la actividad ecoturística en la zona de influencia del

sector centro y sur del área protegida; y desarrollo e implementación de medidas de restauración activa y pasiva”.

Dentro de este objetivo se plantearon 12 metas, de las cuales dos de ellas se centran en temas de restauración ecológica: **Meta 3)** Mil (1.000) hectáreas nuevas en restauración ecológica participativa al interior del Parque Nacional Natural Los Nevados en los sectores de la Laguna del Encanto, Valle del Placer, Páramo del Romeral. **Meta 4)** Dos mil cuatrocientas (2.400) hectáreas con continuación de procesos de restauración ecológica participativa en la cuenca alta del río Otún.

- **Predio Playa Rica (Vereda El Bosque).**

Los avances logrados en el año 2011 de las actividades de restauración ecológica fueron describir los resultados de las actividades de monitoreo a los procesos de restauración anteriores; propagación en los viveros; rescate y siembra directa en campo de especies vegetales; establecimiento de estrategias de restauración en la cuenca alta del Otún y en el sector sur del parque; evaluación y selección de áreas para establecimiento de nuevas estrategias de restauración.

La importancia de este predio radica en la ubicación de humedales y afluentes hídricos (zonas de recarga y descarga de acuíferos) que nutren la cuenca del río Otún, su vegetación nativa asociada aunque se encuentra fragmentada permite la conectividad biológica y sirve como hábitat para la fauna (Lorito Cadillero (*B. ferrugineifrons*) objeto de conservación del parque). Las problemáticas que afectan este sector son principalmente por la practicas agropecuarias (ganadería extensiva y cultivo de papa), lo que ha generado contaminación de aguas, erosión de suelos, desecación de humedales, tala y quema.

El predio se implementaron 3 módulos, las áreas intervenidas con estrategias de restauración ecológica fueron de 16 ha, en donde se plantaron 1.230 Individuos; estos individuos fueron distribuidos en 138 núcleos y divididos en 3 módulos. En módulo 1 (8 ha) se implementaron 66

núcleos, en el módulo 2 (5 ha) se dispusieron 45 núcleos y en el módulo 3 (3 ha) se sembraron 27 Núcleos (Figura 23).

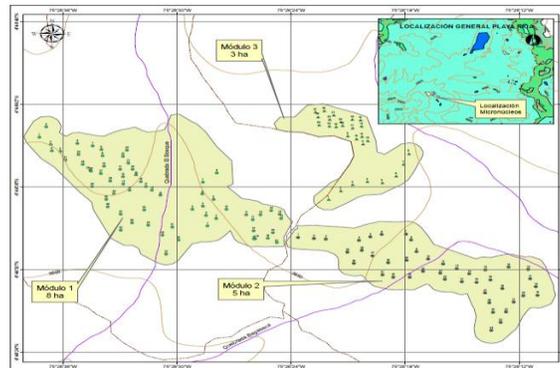


Figura 23. Distribución de los núcleos en los tres módulos el Predio Playa Rica en la FASE III (Bedoya et al. 2013).

El establecimiento de los núcleos se realizó una deshierba radial para permitir la supervivencia y evitar la competencia, con el corte de los pastos con alturas de 1.2 m. En este predio se implementaron núcleos de enriquecimiento, con especies propias de la zona y algunas que no estaban. Los núcleos tenían forma circular, una especie arborea central podía ser propagado o rescatado, con 8 arbustos radialmente separados 1 m entre si propagado o rescatado, entre cada arbusto semillas de *Lupinus bogotensis* separados a 50 centímetros entre ellos (Figura 24).

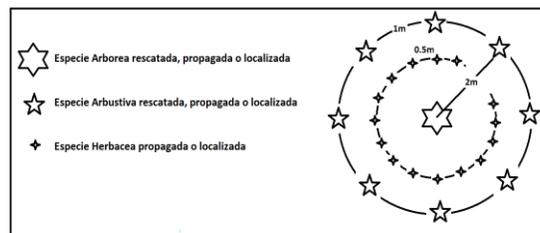


Figura 24. Núcleos de enriquecimiento del Predio Playa Rica en la FASE III (Bedoya et al. 2013).

Las especies arbustivas del núcleo fueron: *Polylepis* (*Polylepis sericea*), Pino velillo (*Hypericum lariciforium*), Calabazo (*Gynoxis tolimensis*), Mortiño (*Pernettya prostata*), Campano (*Vallea estipularis*), Espino de oro (*Berberis quinduensis*), Tres dedos (*Oreopanax ruizianum*), Guayabo mote (*Heperomeles ferruginea*), Miconia (*Miconia salicifolia*). Las herbáceas: Lupino (*Lupinus bogotensis*), Mortiño (*Pernettya prostrata*) y Cadillo (*Oreomyrrhis andicola*).

- **Sector Plan del Puma (Microcuenca Quebrada el Silencio).**

En este sector se encuentra una microcuenca en donde se conectan la laguna del Silencio y algunos humedales de recarga de agua, los cuales son vitales para la permanencia y regulación del flujo hídrico de la quebrada del silencio. En el paso de la quebrada se alimenta de varios afluentes, y tiene varios relictos de bosque sobre la ronda de la quebrada. Las problemáticas que afectaron esta zona fueron quemas y ganadería extensiva, sin embargo aún conserva grandes extensiones de coberturas naturales y al ubicarse sobre la microcuenca son factores que pueden ayudar en los procesos de restauración ecológica (Figura 25).

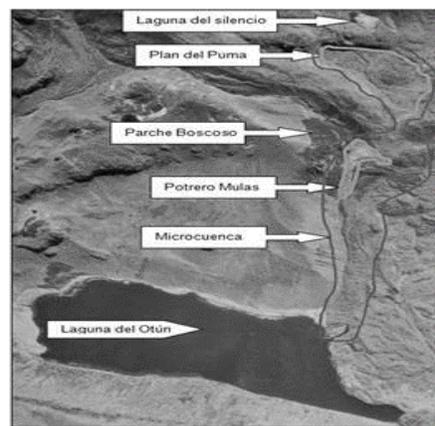


Figura 25. Ubicación del sector Plan del Puma de la FASE III (Bedoya et al. 2013).

El área escogida para implementar las estrategias de restauración es una zona post-incendio caracterizada por una cobertura Pajonal-Frailejunal con algunos arbustos dispersos y en la parte más alta del sector se ubica un parche boscoso “*Plan del puma*”. Los diseños se establecieron en 5

ha y se sembraron 3.000 individuos entre herbáceas y arbustivas, agrupados en 514 micro-núcleos de restauración/conectividad. Los micro-núcleos fueron divididos en 2 sectores por las características del escenario, el sector 1 fue para conectar dos relictos de bosque; por otro lado, el sector 2 fue establecido en una zona abierta de pastos limpios (Figura 26).

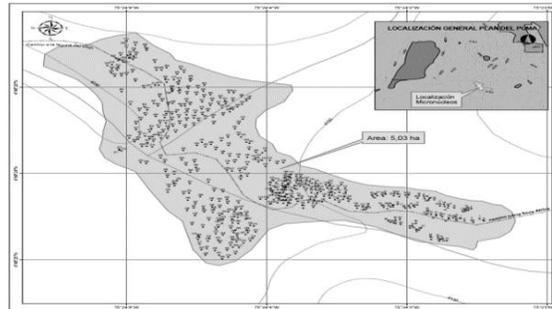


Figura 26. Estrategias de restauración Plan del Puma de la FASE III (Bedoya et al. 2013).

Los Micro-núcleos fueron diseñados en forma triangular, en su centro se ubicó 1 arbusto rescatado con 3 arbustos dominantes propagados o rescatados en cada vértice, junto con herbáceas propagadas o localizadas entre los arbustos. Cada micro-núcleo fue separado 3 metros del otro al momento de implementarlo en campo (Figura 27).

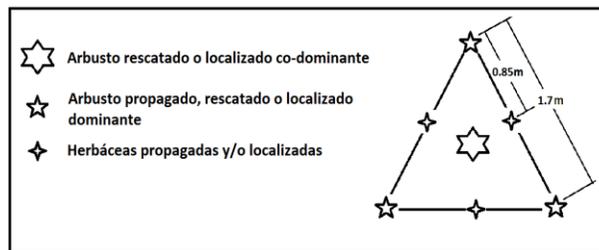


Figura 27. Micronúcleo de restauración/conectividad Plan del Puma de la FASE III (Bedoya et al. 2013).

Las herbáceas usadas para los diseños micronúcleos de restauración/conectividad fueron: Genciana (*Gentianella dasyantha*), Chilca (*Baccharis genistelloides*), Culantro de páramo (*Eryngium*

humile), Cojín de páramo (*Plantago rigida*). Por otro lado, los arbustos fueron: Romeros blanco (*Diplostegium schultziim*), Pino Velillo (*Hypericum laricifolium*), Pentacalia (*Pentacalia vaccinioides*), Pentacalia amarilla (*Pentacalia vernicosa*) Sanaloto (*Baccharis tricuneata*) y Rodamonte (*Escallonia myrtilloides*).

- **Predio Agua Bonita.**

El predio se ubica dentro de un Bosque Alto-andino, en el cual se observaron especies como Encenillo, Laurel, Aguacatillo, Siete cueros, Chagualo, Mano de oso, que pertenecen a las familias Asteraceae, Ericaceae, Lauraceae, Melastomataceae y Rubiaceae que son dominantes en este tipo de bosque. De igual forma, se han reportado Danta y Venado las cuales están categorizadas objeto de conservación. El predio tiene unas coberturas naturales de páramo y bosque altoandino interrumpidas por zonas abiertas las cuales fueron afectadas por actividades de ganadería (Figura 28).



Figura 28. Predio Agua Bonita de la FASE III (Bedoya et al. 2013).

En el predio Agua se intervinieron 10 hectáreas con actividades de restauración activa, en el cual se sembraron 3.492 plántulas, estos individuos fueron distribuidos en 388 núcleos de enriquecimiento en el predio (Figura 29).

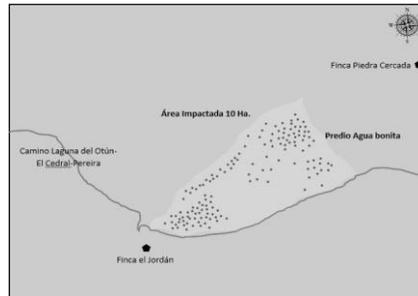


Figura 29. Núcleos de enriquecimiento del Predio Agua Bonita de la FASE III (Bedoya et al. 2013).

En el Núcleo de enriquecimiento se utilizaron especies arbóreas y arbustivas como: Mortiño (*Pernettya prostrata*), Calabazo (*Gynoxys tolimensis*), Huesito (*Geissanthus serralatus*), Siete cueros (*Tibouchinna grossa*), Cerezo blanco (*Freziera canecens*), Encenillo (*Weimannia tolimensis*), Tres dedos (*Oreopanax ruizianum*).

- **Predio Termales de Cañón (Valles del Placer).**

El predio está ubicado en la zona sur del Parque Nacional Natural Los Nevados, en el departamento del Tolima, en él se encuentran varias coberturas: Frailejonal-Arbustal-Pajonal, humedales tipo turbera, pequeños espejos de agua y algunos afluentes. Sin embargo, existen un factor tensionante (ganadería extensiva) ha conllevado a generar tala y quema de vegetación, compactación y contaminación de suelos, contaminación de agua. Las zonas de humedales han perdido su conectividad entre coberturas nativas por que han sido transformadas en pasturas para ganadería (Figura 30).



Figura 30. Predio Termiales del Cañón de la FASE III (Bedoya et al. 2013).

En el predio se intervinieron 36 ha con la siembra 7000 plántulas, distribuidos en 1792 micronúcleos de restauración/conectividad con especies arbustivas y herbáceas trasplantadas, con la finalidad de crear nuevos sitios de cobertura nativa en pastizales; además, de contar con coberturas naturales y una microcuena adyacentes que son factores que pueden ayudar en los procesos de restauración (Figura 31).



Figura 31. Micronúcleos del Predio Termiales del Cañón de la FASE III (Bedoya et al. 2013).

Los micronúcleos fueron diseñados en forma triangular, en su centro se ubicó 1 arbusto rescatado con 3 arbustos dominantes propagados o rescatados en cada vértice, junto con herbáceas propagadas o localizadas entre los arbustos. Cada micro-núcleo fue separado 3 metros del otro al momento de implementarlo en campo (Figura 27).

Los núcleos fueron implementados con: Frailejón (*Espeletia hartwegiana*), Pino Velillo (*Hypericum laricifolium*), Pino de páramo (*Hypericum strictum*), Sanaloto (*Baccharis tricuneata*), Pentacalia amarilla (*Pentacalia venicosa*), Miconia (*Miconia salicifolia*), Cadillo (*Oreomyrrhis andicola*), Pajonal (*Calamagrostis effusa*), Chilco herbáceo (*Baccharis genistelloides*).

- **Plan monitoreo de las acciones de restauración 2011- 2013.**

El objetivo principal de monitoreo fue: establecer un programa para validar y hacer seguimiento continuo a cada uno de los tratamientos y diseños implementados en el proyecto actual, evaluando los diferentes indicadores de respuesta de los tratamientos en cada lugar.

- **Predio Playa Rica (Vereda El Bosque).**

En el predio se realizaron los monitoreos tomando como variables la sobrevivencia y altura de los individuos dentro del módulo de restauración, el modulo tenía un total de 141 núcleos de enriquecimiento, cada núcleo ocupó un área de 16 m² (4m x 4m). Los núcleos de monitoreo fueron 29 dentro del módulo. Los monitoreos se realizaron en 4 momentos después de su siembra en Agosto de 2011; 7 de Noviembre de 2011; 11 de Abril de 2012; 9 de Septiembre de 2012 y 3 de Agosto de 2013.

Los resultados mostraron que de los 261 individuos sembrados en los 29 núcleos, ocurrió una mortalidad de 106 individuos (40.6%) por condiciones climáticas y por la invasión de ganado. La altura promedio que tenían los individuos eran de 1.5 a 2.5 cm. Las especies más resistentes fueron Polylepis (*Polylepis sericea*), Pino velillo (*Hypericum laricifolium*), Pino de paramo (*Hypericum strictum*) y el Sanalotodo (*Baccharis tricuneata*), la técnica de propagación más exitosa fue el rescate plántulas in situ.

- **Sector Plan del Puma (Microcuenca Quebrada el Silencio).**

En el sector se realizaron los monitoreos tomando como variables la sobrevivencia y altura de los individuos dentro del módulo de restauración, el modulo tenía un total de 535 núcleos de micronúcleos de restauración/conectividad. Los núcleos de monitoreo fueron 67 dentro del módulo. Los monitoreos se realizaron en 4 momentos después de su siembra en Octubre de 2011: 25 de Enero de 2012, 25 de Mayo de 2012; 6 de Septiembre del 2012; 5 de Agosto de 2013.

Los resultados del monitoreo arrojaron que de los 323 individuos sembrados en los 67 micronúcleos, solo 57 individuos presentan mortalidad (17,6 %) y la altura promedio de los individuos fue de 1-1.5 cm.

- **Predio Termales de Cañón (Valles del Placer).**

En el predio se realizaron los monitoreos tomando como variables la sobrevivencia y altura de los individuos dentro del módulo de restauración, el modulo tenía un total de 1792 núcleos de micronúcleos de restauración/conectividad. Los núcleos de monitoreo fueron 85 dentro del módulo. Los monitoreos se realizaron en 3 momentos después de su siembra en Julio de 2011: 26 de Agosto de 2012; 20-21 de Febrero de 2013; 21 al 23 de Octubre de 2013).

Los resultados del monitoreo arrojaron que de los 360 individuos sembrados en los 90 micronúcleos, solo 129 individuos presentaron mortalidad (35.8%), en este sector hubo resiembra de las plántulas muertas y aparición de plantas arvenses.

- **Conclusiones de la FASE III.**

1) El conocimiento adquirido en el tema de restauración ecológica en páramos durante estos últimos 6 años ha sido vital para recuperar áreas degradadas por disturbios como el fuego o tensionantes como la ganadería. Ya que gracias a los diferentes ensayos, tratamientos y estrategias empleados, podemos hoy día llegar a definir cuáles de estos son los más viables para emplear en futuros procesos de restauración.

2) La participación social dentro de un proceso de restauración activa es vital, en este proyecto fue clave, ya que se logró la disminución de los incendios y el pastoreo de áreas naturales. Sin embargo, dada la condición especial de los Parques Nacionales con respecto a la ocupación, uso del suelo y turismo es muy complejo lograr trabajar con actores sociales, para realizar estrategias que logren un punto de equilibrio entre ambos.

3) Se expone la necesidad de valorar e identificar las diferentes áreas que tienen prioridad de ser restauradas, pues en muchas zonas se tienen intervenciones por pastoreo, tala y quema de especies nativas, introducción de especies. Lo cual genera la necesidad de recuperar zonas dentro del área protegida que son vitales para su conservación y protección de los servicios ecosistémicos.

Conclusiones y discusión

El objetivo del análisis es realizar una revisión exhaustiva del diagnóstico del 2007, las estrategias de restauración y los planes de monitoreo del 2007 (FASE I), 2009 (FASE II) 2011-2013 (FASE III) realizadas en del PNN Los Nevados; en el cual se analizó los objetivos, metodologías, resultados y conclusiones por medio de una matriz DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) para sugerir unas recomendaciones y lineamientos base para las futuras estrategias de restauración y programas de monitoreo dentro de las áreas en restauración dentro del PNN Los Nevados.

La Matriz DOFA es una herramienta que permite identificar tanto los factores externos (amenazas y oportunidades) y factores internos (fortalezas y debilidades) de un proyecto, lo que nos lleva a aprovechar sus fortalezas, revisar y prevenir el efecto de sus debilidades para reorientar los objetivos y líneas de acción y estrategias para solucionar los problemas actuales y futuros. Las debilidades se define como los puntos débiles o falencias que dificultan el desarrollo de las estrategias; las fortalezas son los puntos fuertes que favorecen al desarrollo de las estrategias. Las

oportunidades son situaciones identificadas que pueden beneficiar al sistema; las amenazas son las situaciones en el entorno que pueden llegar a afectar negativamente al sistema (Gómez, 2004).

Con la revisión de información que se pudo obtener de las FASE I, FASE II y FASE III se identificaron las debilidades, fortaleza, amenazas y oportunidades para poder analizar y redirigir el monitoreo de que va a implementar en el 2017. El resultado del DOFA fue el siguiente:

- **Debilidades.**

- ✓ No se plantearon objetivos, metas corto, mediano plazo de restauración ecológica, únicamente metas de cumplimiento durante las tres fases.
- ✓ El diagnóstico faltó por evaluar el componente suelo para tomar un punto de referencia inicial del estado del suelo después del incendio, solo se guiaron por un estudio descriptivo general.
- ✓ La ubicación georeferenciada o veredal en mapas de los lugares exactos de implementación de las estrategias de restauración es ausente o es muy superficial.
- ✓ No se utilizó la metodología de parcelas permanentes para realizar los monitoreos a lo largo del tiempo, lo que dificulta la continuidad y uniformidad de los datos en los diferentes momentos del monitoreo de las estrategias.
- ✓ En las tres fases no se contempló un mapa de coberturas (preferiblemente 1:25.000 o 1:10.000) para un análisis a nivel de paisaje para los posibles lugares de establecimiento a nivel de local.
- ✓ No implementan escenarios de restauración claros. Únicamente se toman especies arbustivas al azar, pero no es claro cómo esas estrategias planteadas llegarán a un cierto tipo de escenario referencia contemplando el resto del lugar (ausencia de objetivo de restauración).

- ✓ Los nombres científicos de las especies vegetales no están bien escritos en los informes.
- ✓ El reporte de las hectáreas que fueron afectadas por el incendio no es coherente entre ninguno de las fases del proyecto.
- ✓ El número de hectáreas implementadas en la FASE I (5 ha), no corresponde o no es claro de cómo se alcanzó la meta del proyecto de 11.5 ha.
- ✓ El mapa del sitio de implementación de la FASE I no es claro de sobre cuáles son los módulos de 0.5 ha y del porque la distribución en diferentes coberturas.
- ✓ Los objetivos de monitoreo de la FASE I no están articulados de forma adecuada, los indicadores escogidos no están respondiendo al objetivo (objetivo 2 y 3).
- ✓ Los mapas de implementación de las estrategias de la FASE II no son muy exactos en la ubicación y estructura, ya que no muestran un mapa o figura de lo implementado en Bagaseca y Lomabonita. Así mismo, el de Alsacia baja no detalla la distribución de los diseños dentro de los módulos.
- ✓ En las plan de monitoreo de la FASE II el porcentaje de sequía fue evaluado con respecto a un rango de estrés hídrico (sequia), pero no se respalda con bibliografía la metodología del muestreo.
- ✓ No es claro cómo se realizaron los monitoreos en todos los sitios con unos resultados tan superficiales y sin bases de datos (Fase II Y FASE III).
- ✓ Se presentan dudas sobre la cantidad de individuos implementados al momento de siembra (propagados, rescatados, translocación de suelo), tanto por cada especies y en total por todas las estrategias en las tres fases del proyecto.
- ✓ No se reportan que se hallan realizado metodología detallada en la implementación (marcas de unidad de muestreo e individuos, coordenadas, metodología de registro detalla, bases de datos de los monitoreos).
- ✓ Nunca se ha realizado un trabajo social ni vinculación con la población local, para que tengan una educación ambiental y cuidado con las estrategias implementadas.

- ✓ No se presenta un respaldo de algún registro fotográfico, ni alguna prueba consistente de las siembras en campo, ni de los monitoreos realizados en campo.
 - ✓ No existe un hilo conductor entre las especies, plantadas y monitoreadas con los resultados mostrados en los informes de monitoreo.
 - ✓ No se reportó, ningún tipo de manejo adaptativo o mantenimiento de las estrategias a lo largo del tiempo para mantenerlas en ninguna de las tres fases.
 - ✓ La falta de información completa de todas las tareas desarrolladas dificultó un análisis más profundo y realizar una reconstrucción robusta de lo que ha sido el proceso de sucesión en estas áreas.
- **Fortalezas.**
 - ✓ Se encontraron especies arbustivas y herbáceas que son claves para implementar en los proyectos de restauración en ecosistemas de alta montaña afectas por incendios forestales.
 - ✓ Se identificaron unos escenarios de restauración de referencia, lo que puede ser una referencia al comportamiento de la trayectoria que están dando en los lugares destinados para restauración.
 - **Amenazas.**
 - ✓ Ganadería extensiva, cultivos de papa, introducción de especies y quemas dentro de la jurisdicción del parque en zonas de interés hídrico.
 - ✓ Turismo mal manejado lo cual puede afectar las áreas naturales del PNN Los Nevados.
 - **Oportunidades.**
 - ✓ Interés por conservar y restaurar las zonas de importancia hídrica por el servicio ecosistémico prestado a toda la región.

- **Conclusión del análisis DOFA**

Con la información que se obtuvo en su momento, los vacíos de información identificados son muy evidentes, como es el caso del estado de las estrategias de restauración actualmente, ubicación y localización de las mismas, montaje detallado de los núcleos, monitoreos con datos robustos y difícilmente comparables, carencia de un seguimiento continuo dificultan el proceso para realizar el monitoreo en el 2017. Los objetivos y métodos del monitoreo se ajustaran con respecto a lo que se pueda identificar en campo.

Bibliografía

Bedoya, F., Bedoya, J., Ochoa, J., & Rivera, F. (2013). *Informe ejecutivo de las acciones realizadas por el componente de restauración*. CORPOCALDAS.

Cardona, A. (2007). *Restauración Ecológica PNN Los Nevados. Proyecto Uso y Conservación de la Biodiversidad en los Andes Colombianos*. Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales Instituto Alexander Von Humboldt.

Gomez, D. (2004). *Recuperación de espacios degradados, Manual de medicina básica para los paisajes de nuestro entorno*. Madrid: Mundi-prensa.

Holanda, P. (2007). *Restauración Ecológica PNN Los Nevados. Informe final*.

Lotero, J., Trujillo, L., Vargas, W., & Castellanos, O. (2010). *Restauración ecológica en páramos del Parque Nacional Natural Los Nevados*. Bogotá.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Parques Nacionales Naturales.

Lotero, J., Velazco-Linares, P., Cardona, A., & Castellanos, O. (2007). *Recuperar el páramo. Restauración ecológica en la Laguna del Otún, PNN Los Nevados*. Pereira: Parques Nacional Naturales de Colombia. .

Trujillo, I. (2009). *Restauración Ecológica PNN Los Nevados. Informe final*. .