

**EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURAL Y
FORMULACION DEL PLAN DE RESTAURACIÓN FORESTAL DE LA
ASOCIACIÓN DE COLORADO (*Polylepis quadrijuqa Bitter*), EN LA
MICROCUEENCA AGUATENDIDA, MUNICIPIO DE CARCASÍ, SANTANDER,
COLOMBIA.**

**OLIVA JAIMES FLÓREZ
RUBÉN HERNÁNDEZ RAMÍREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA
IPRED
PROGRAMA DE INGENIERIA FORESTAL
MÁLAGA
2016**

**EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURAL Y
FORMULACION DEL PLAN DE RESTAURACIÓN FORESTAL DE LA
ASOCIACIÓN DE COLORADO (*Polylepis gadrijuqa Bitter*), EN LA
MICROCUENCA AGUATENDIDA, MUNICIPIO DE CARCASÍ, SANTANDER,
COLOMBIA.**

**OLIVA JAIMES FLÓREZ
RUBÉN HERNÁNDEZ RAMÍREZ**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Forestal**

**Director
HERWIN RAMIRO ROA CAICEDO
Ingeniero Forestal**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
INSTITUTO DE PROYECCIÓN REGIONAL Y EDUCACIÓN A DISTANCIA
IPRED
PROGRAMA DE INGENIERIA FORESTAL
MÁLAGA
2016**

DEDICATORIA

*“Sin embargo por la gracia de Dios soy lo que soy
y su gracia para conmigo
no ha sido en vano”*

1 CORINTIOS 15:10

A **DIOS** por darme la vida y el privilegio de tener una familia creyente y llena de amor; a mis padres **BELARMINO y MARIA DEL CARMEN**, quienes son la principal motivación para culminar mi carrera; a mi hermana **YULY** por su comprensión y la alegría de compartir nuestras vidas con **JOSE DAVID**; a mis amigos **FRANCY CARVAJAL y RUBÉN HERNÁNDEZ**, quienes durante este proceso me brindaron su apoyo incondicional y una verdadera amistad; a **LUZ CONSUELO ORTIZ** por su ayuda y motivación durante mi carrera; a mi tío **BIBIANO JAIMES ORTIZ** por su estar siempre animándome a seguir; a todos quienes de corazón creyeron en mí, en la culminación de mi carrera y que de una u otra forma contribuyeron a la realización de este trabajo.

DIOS LOS BENDIGA.

OLIVA

A **DIOS** por permitirme llevar a cabo la realización de este proyecto quien me dio la fuerza, el conocimiento y siempre me sostiene con su infinito amor; a mis padres **DAVID y MARÍA LUCILA** por ser mis fieles ayudadores y concejeros, quienes siempre estuvieron dispuestos para brindarme su incondicional apoyo y comprensión en todas las situaciones que se presentaron; a mi hermana **RAQUEL** y sobrina **ESTEFANY** que todo el tiempo me llenaron de afecto, apoyo y cariño; a mi amiga y compañera de proyecto **OLIVA** que siempre estuvo dispuesta para animarme, enseñarme y colaborar en todos los aspectos; a mis familiares y amigos que en cualquier momento o situación me motivaron y me llenaron de ánimo, consejos y buenos deseos.

RUBEN

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Universidad Industrial de Santander “UIS”; su cuerpo docente quienes nos brindaron la formación académica durante toda la carrera.

HERWIN RAMIRO ROA CAICEDO, Ingeniero Forestal, director del trabajo, por incentivar a la realización del presente trabajo, por su valiosa orientación y asesoría para culminar con la propuesta.

La comunidad de la Vereda Aguatendida del municipio de Carcasí por la acogida del proyecto y su participación en las diferentes actividades.

La comunidad educativa de la Escuela Laguna Negra por su tiempo y colaboración.

Todas aquellas personas que hicieron posible el desarrollo de este trabajo de grado

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	20
1. PROBLEMA	22
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	22
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	23
2. JUSTIFICACIÓN	24
3. OBJETIVOS	25
3.1 OBJETIVO GENERAL	25
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
4. MARCO REFERENCIAL	26
4.1 ANTECEDENTES	26
4.1.1 Los bosques a través de la historia	26
4.1.2 Restauración forestal	27
4.2 MARCO TEÓRICO	29
4.2.1 Dendrología de la especie	29
4.2.2 Los bosques en Latino América	32
4.2.3 Sostenibilidad	33
4.2.4 Evaluación estructural de ecosistemas boscosos	34
4.2.5 Estructura Vertical	35

4.2.6 Estructura horizontal	36
4.2.7 Diversidad ecológica	37
4.2.9 Los páramos	39
4.2.10 <i>Polylepis quadrijuga Bitter</i>	40
4.2.12 Vivero forestal	43
4.3 MARCO LEGAL	44
4.4 MARCO CONCEPTUAL	46
5. DISEÑO METODOLOGICO	51
5.1 LOCALIZACION	51
5.2 TIPO DE ESTUDIO	52
5.3 DURACION DEL ESTUDIO	52
5.4 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURAL	53
5.4.1 Fase Preliminar:	53
5.4.2 Fase de campo	56
5.4.3 Proceso de inventario forestal	59
5.5 FAUNA ASOCIADA A LOS BOSQUES DE <i>Polylepis qadrijuga Bitter</i> .	64
5.5.1 Categorización de fauna asociada:	65
5.6 PLAN DE RESTAURACIÓN FORESTAL	66
5.6.1 Ecosistema de referencia	66
5.6.2 Evaluación del estado actual	66
5.6.3 Alcances del plan de restauración	67

5.6.4 Análisis de la restauración natural de una sucesión secundaria de la asociación:	67
5.6.5 Estrategias de participación con la comunidad	70
5.6.6 Tipo de restauración forestal	71
5.6.7 Identificación de las especies asociadas en los procesos sucesional y potenciales para la restauración	71
5.6.8 Propagación de especie	71
5.6.9 Establecimiento de una parcela demostrativa	73
6. ANALISIS DE RESULTADOS	74
6.1 DESCRIPCION DEL ÁREA DE ESTUDIO	74
6.1.1 Descripción morfométrica y fisiográfica de la microcuenca Orden de la red hídrica	76 80
6.2 ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURAL DE LA ASOCIACIÓN DE COLORADO <i>Polylepis quadrijuga bitter</i> .	82
6.2.1 Estructura horizontal	85
6.2.2 Estructura vertical	90
6.2.4 Diversidad	97
6.2.5 Análisis volumétrico	98
6.2.6 Regeneración natural	100
6.3 FAUNA ASOCIADA A LOS BOSQUES DE COLORADO <i>Polylepis quadrijuga Bitter</i>	119
6.4 PLAN DE RESTAURACIÓN FORESTAL	123
6.4.1 Ecosistema de referencia	124
6.4.2 Evaluación del estado actual	125
6.4.3 Alcances del plan de restauración	131

6.4.4 Establecimiento de las escalas y jerarquías de disturbio	133
6.4.5 Participación comunitaria	133
6.4.6 Identificación de las especies asociadas en los procesos sucesional y potenciales para la restauración:	136
6.4.7 Barreras de restauración	142
6.4.8 Propagación de especies	144
6.4.9 Establecimiento de las parcelas restauración forestal	148
6.4.10 Monitoreo en el proceso de restauración	150
6.4.11 Consolidación del proceso de restauración	153
7. CONCLUSIONES	156
8. RECOMENDACIONES	159
BIBLIOGRAFIA	160
ANEXOS (en carpeta)	

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Primer muestra (Premuestreo).	53
Cuadro 2. Estabilización de n.	53
Cuadro 3. Estabilización de n.	54
Cuadro 4. Cuadro resumen estadígrafos.	54
Cuadro 5. Características de área de la microcuenca.	76
Cuadro 6. Características de forma de la microcuenca.	77
Cuadro 7. Longitud de cauces según el orden de la red.	80
Cuadro 8. Número de individuos por familias evaluadas.	83
Cuadro 9. Número de individuos por géneros.	84
Cuadro 10. Índice valor de importancia Bosques de <i>Polylepis quadrijuga Bitter</i> .	85
Cuadro 11. Número de árboles por clase diamétrica.	95
Cuadro 12. Volumen comercial y total por especie	100
Cuadro 13. Tabla resumen de regeneración natural del bosque Latizal.	102
Cuadro 14. Tabla resumen de regeneración natural del bosque Brinzal.	105
Cuadro 15. Resumen de regeneración natural de renuevos.	108
Cuadro 16. Factor de forma del <i>Polylepis quadrijuga Bitter</i> (Colorado) .	119
Cuadro 17. Avifauna asociada a los bosques de <i>Polylepis quadrijuga Bitter</i> .	120
Cuadro 18. Mamíferos en la zona de influencia de los bosques de Colorado.	122
Cuadro 19. Especies que se han incorporado en una sucesión secundaria de la asociación <i>Polylepis quadrijuga Bitter</i> (Colorado).	136

Cuadro 20. Índice de valor de importancia (IVI) para las parcelas demostrativas de sucesión secundaria.

138

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Morfología de la especie <i>Polylepis quadrijuga</i> Bitter (Colorado).	31
Figura 2. Distribución del género <i>Polylepis</i>	40
Figura 3. Conceptos asociados a la restauración ecológica.	42
Figura 4. Localización del área de estudio.	51
Figura 5. Tipo de investigación.	52
Figura 6. Diseño del muestreo	55
Figura 7. Tamaño y forma de la parcela de muestreo.	56
Figura 8. Altura total y comercial.	57
Figura 9. Ubicación de individuos en las parcelas.	58
Figura 10. Diámetro a la altura del pecho.	58
Figura 11. Parcela de sucesión secundaria.	68
Figura 12. Localización de las parcelas para análisis de sucesión secundaria.	69
Figura 13. Vivero transitorio.	72
Figura 14. Trazado de la parcela demostrativa.	73
Figura 15. Mapa base.	75
Figura 16. Curva hipsométrica.	77
Figura 17. Histograma de frecuencias altimétricas.	78
Figura 18. Mapa de pendientes.	79
Figura 19. Orden de red hídrica.	81
Figura 20. Parámetros de evaluación estructural del bosque.	82

Figura 21. Bosques de <i>Polylepis quadrijuga</i> Bitter en la zona de influencia directa del proyecto, elevación 3.626msnm.	84
Figura 22. Árboles de Colorado <i>Polylepis quadrijuga</i> Bitter.	86
Figura 23. Abundancia relativa en bosques de Colorado	87
Figura 24. Frecuencia relativa en bosques de Colorado.	88
Figura 25. Dominancia en bosques de Colorado.	88
Figura 26. Índice de valor de importancia en los bosques de Colorado.	89
Figura 27. Especies representativas de la asociación.	90
Figura 28. Estratificación Ogawa.	91
Figura 29. Perfil lateral del área de estudio.	92
Figura 30. Perfil lateral en bosques de Colorado	93
Figura 31. Perfil superior.	94
Figura 32. Copas de árboles de Colorado.	95
Figura 33. Clases diamétricas.	96
Figura 34. Distribución del área basal por clase diamétricas.	97
Figura 35. Distribución de volumen por clase diamétrica.	97
Figura 36. Volumen comercial y total por especie.	99
Figura 37. Índice de representatividad de las especies en la categoría Latizal.	111
Figura 38. Principales especies de brinzales.	113
Figura 39. <i>Gynoxis sp</i> (hoja blanco)	114
Figura 40. Índice de representatividad del brinzal.	115
Figura 41. Renuevos.	116

Figura 42. Índice de representatividad de las especies presentes en los renuevos.	117
Figura 43. Número de especies de avifauna.	121
Figura 44. Venado cola blanca en un parche de <i>Polylepis quadrijuga Bitter</i> en la microcuenca Aguatendida.	123
Figura 45. Plan de restauración forestal.	124
Figura 46. Ecosistemas de referencia para el plan de restauración forestal.	125
Figura 47. Representatividad de la cobertura boscosa en el microcuenca.	126
Figura 48. Áreas boscosas en la microcuenca.	126
Figura 49. Mapa de cobertura boscosa.	128
Figura 50. Causas de la pérdida del ecosistema boscoso.	129
Figura 51. Utilización del Colorado por las familias de la zona de influencia del proyecto.	130
Figura 52. Perfil del suelo en una calicata en ecosistemas potencial para restauración.	131
Figura 53. Mapa de área de alcances del plan de restauración.	132
Figura 54. Escala del plan de restauración.	133
Figura 55. Visitas educativas y expositivas del plan de restauración forestal a la comunidad.	134
Figura 56. Actividades realizadas con los niños de la comunidad de influencia en el plan de restauración forestal.	135
Figura 57. Abundancia relativa de la sucesión secundaria.	139
Figura 58. Frecuencia relativa de la sucesión secundaria.	140
Figura 59. Dominancia relativa de la sucesión secundaria	140
Figura 60. Índice de valor de importancia de la sucesión secundaria.	141
Figura 61. Parcelas de sucesión secundaria.	142

Figura 62. Caprinos causando anillamiento en arboles de <i>Polylepis quadrijuga Bitter</i> (Colorado)	143
Figura 63. Construcción y manejo de vivero de diseño experimental para la propagación de la especie pionera del <i>Polylepis quadrijuga Bitter</i> (Colorado).	144
Figura 64. Reproducción sexual de la especie pionera <i>Polylepis quadrijuga Bitter</i> (Colorado).	145
Figura 65. Extracción y adaptación de las plántulas de <i>Polylepis quadrijuga Bitter</i> .	146
Figura 66. Crecimiento de las plántulas <i>Polylepis quadrijuga Bitter</i> (Colorado) en 122 días.	147
Figura 67. Estado de las plántulas <i>Polylepis quadrijuga Bitter</i> (Colorado) después de adaptarlas 4 meses.	148
Figura 68. Proceso de aislamiento.	149
Figura 69. Fotografías del establecimiento de la parcela demostrativa de restauración forestal con participación de niños de la comunidad.	150
Figura 70. Esquema de desarrollo de un plan efectivo de restauración que involucre el monitoreo.	152
Figura 71. Área a restaurar en rondas hídricas.	154

RESUMEN

TITULO: “EVALUACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURAL Y FORMULACION DEL PLAN DE RESTAURACIÓN FORESTAL DE LA ASOCIACIÓN DE COLORADO (*Polylepis quadrijuga Bitter*), EN LA MICROCUENCA AGUATENDIDA, MUNICIPIO DE CARCASÍ, SANTANDER, COLOMBIA”.

AUTORES: OLIVA JAIMES FLÓREZ y RUBÉN HERNÁNDEZ RAMÍREZ.”

PALABRAS CLAVES: RESTAURACIÓN, *Polylepis*, ASOCIACIÓN, FLORÍSTICA.

DESCRIPCIÓN

Se presenta la composición florística y estructural y la formulación del plan de restauración de la asociación de Colorado (*Polylepis qadrijuga Bitter*) ubicada en la microcuenca Aguatendida del municipio de Carcasí Santander. Para la composición florística se muestreo un área de 0,5 Ha registrado individuos y agrupándolos en las categorías: fustal, latizal, brinzal y renuevos. Se encontró un índice de valor de importancia representado por 8 familias siendo la más importante en número de individuos la Rosaceae, y 11 generos entre los cuales se destaca el *Polylepis*, además se determinó el factor mórfico para la especie dominante con un valor de 0,682.

El plan de restaurante forestal consta de unas series de actividades que involucra como eje central la participación de 12 familias que viven actualmente en la zona de influencia del proyecto en una área de 881 hectáreas que corresponde más del 80% del área de la microcuenca, donde se plantea la realización de una restauración activa de la asociación dominada por la especie *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado), mediante la implementación de métodos de propagación por técnicas agroforestales y de áreas de restauración en los 50 metros alrededor de los drenajes que se forman en la zona de influencia utilizando plántulas pioneras reproducidas en vivero por semillas y llevando un proceso de monitoreo con participación de la comunidad durante un periodo de 20 años hasta cumplir la rehabilitación del ecosistema boscoso.

*Trabajo de grado

**Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal. Director: Herwin Ramiro Roa Caicedo, Ingeniero Forestal.

ABSTRAC

TITLE: "EVALUATION OF THE FLORISTIC COMPOSITION AND STRUCTURAL AND FORMULATION OF THE PLAN OF FOREST RESTORATION ASSOCIATION OF COLORADO (*Polylepis Quadrijuga Bitter*), IN THE WATERSHED OF AGUATENDIDA, MUNICIPALITY OF CARCASI, SANTANDER, COLOMBIA"

AUTHORS: OLIVA JAIMES FLOREZ and RUBEN HERNANDEZ RAMIREZ**

KEYWORDS: RESTORATION, *Polylepis*, ASSOCIATION, FLORISTRY

DESCRIPTION:

Presents the floristic composition and structural and the formulation of the plan of restoration of the Association of Colorado (*Polylepis gadrijuga Bitter*) located in the Aguatendida watershed of the municipality of Carcasi Santander. The floristic composition is sampling an area of 0.5 has registered individuals and by grouping them into categories: fustal, latizal and seedling growth. Found a rate of importance value represented by 8 families being the largest in number of individuals the Rosaceae, and 11 Genera which include *Polylepis*, also determined the Morhic factor for the dominant species with a value of 0,682.

Forest restaurant plan consists of a series of activities involving the participation of 12 families that currently live in the area of influence of the project in an area of 881 hectares which is more than 80% of the area of the watershed, where arises the realization of an active restoration of dominated by *Polylepis* species Association as central axis quadrijuga Bitter (Colorado) through the implementation of methods of propagation by agroforestry techniques and areas of restoration in the 50 meters around the drains that are formed in the zone of influence using seedlings pioneers played in the nursery for seeds and a process of monitoring with participation of the community for a period of 20 years to comply with the rehabilitation of the forest ecosystem.

* Bachelor Thesis

**Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa de Ingeniería Forestal. Director: Herwin Ramiro Roa Caicedo, Ingeniero Forestal.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas del país y su biodiversidad son el producto de un complejo proceso evolutivo natural y cultural de miles de años, que puede ser agotado en poco tiempo, debido a las crecientes perturbaciones que condicionan la oferta de bienes y servicios para la población; los ecosistemas boscosos de la región tropical, corresponden a los complejos biológicos más diversos de la biosfera, cuyos servicios suplen las necesidades de la sociedad y de los grupos humanos que allí habitan en cuanto a frutos, madera, leña, fibras, medicinas, fauna silvestre que surte de proteína animal, regulación del clima y del agua, entre otros, lo cual lo convierte en un sistema invaluable para el hombre, como base de sostenibilidad para la vida

De acuerdo con lo anterior, cualquier estrategia que se genere para su manejo sostenible, debe partir del conocimiento tanto de su forma como de su funcionamiento, que garantice la conservación de la biodiversidad y la utilización racional de sus servicios, por lo cual es indispensable que los funcionarios encargados de su administración conozcan y manejen los elementos fundamentales para la evaluación técnica y científica de estas masas boscosas, que permitan la toma de decisiones para su manejo, conservación y recuperación

La parte alta del municipio de Carcasí presenta fragmentos aislados de Polylepis, lo que dificulta los procesos ecológicos como la dispersión y la protección de las zonas de recarga hídrica determinando una alta sensibilidad al deterioro y consecuentemente una alta prioridad de conservación. Para Meneses, estos bosques cumplen un rol central en la ecología altoandina, sirviendo de hábitat de especies animales, como depósitos de agua, protegiendo el suelo de la erosión y como fuente de recursos para los habitantes locales.

Los cambios en la composición y diversidad de especies en la zona de Paramo del municipio de Carcasí debido a la acción antrópica han llevado a la disminución del componente flora en la parte alta donde se sitúan ecosistemas de importancia para la disponibilidad del recurso hídrico, razón por la cual se presenta la propuesta de grado que ocupa la atención. El plan de restauración forestal en la microcuenca presento un alto nivel de aceptación por parte de la comunidad quienes mostraron interés en el desarrollo de actividades que contribuyan al desarrollo de procesos productivos alternando con la conservación y el equilibrio entre sí con el medio ambiente; la población infantil se vinculo de manera activa con el proyecto participando en labores pedagógicas y de campo en las cuales se dio a conocer el plan y la fase de ejecución del mismo. El esquema para el informe final guiados por la normatividad de la UIS, conforma seis capítulos, en el primero se plantea la problemática, seguido se presenta justificación y objetivos, un cuarto capítulo cita el marco referencial como base teórica para la ejecución del plan de trabajo, continuando con el diseño metodológico para proseguir con los resultados y culminar con las conclusiones y recomendaciones.

1. PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Los bosques de *Polylepis quadrijuga Bitter* son recursos vitales para la conservación de la biodiversidad y funciones hidrológicas, las cuales se verán alterada por el cambio climático a nivel mundial desafiando la sostenibilidad de las comunidades locales; sin embargo, estos ecosistemas andinos de gran altitud son cada vez más vulnerables debido a la presión antropogénica como la fragmentación, deforestación y el incremento en el ganado. La importancia para predecir la distribución de bosques nativos ha aumentado para contrarrestar los efectos negativos del cambio climático a través de la conservación y la reforestación (Zutta B. 2012).

Estos eventos se traducen en la disminución del área boscosa presente en la microcuenca lo que sumado a la falta de información que permita desarrollar actividades de recuperación impiden que se conserven estos relictos de bosques disminuyendo el equilibrio ecológico y los servicios ecosistémicos, como lo son las cubiertas en zonas de recarga hídrica que para la zona evaluada determinan la disponibilidad y la protección de cauces.

La parte alta del municipio de Carcasí presenta fragmentos aislados de *Polylepis*, lo que dificulta los procesos ecológicos como la dispersión y la protección de las zonas de recarga hídrica determinando una alta sensibilidad al deterioro y consecuentemente una alta prioridad de conservación. Estos bosques cumplen un rol central en la ecología altoandina, sirviendo de hábitat de especies animales, como depósitos de agua, protegiendo el suelo de la erosión y como fuente de recursos para los habitantes locales (Meneses, 2013). Los cambios en la

composición y diversidad de especies en la zona de Paramo del municipio de Carcasí debido a la acción antrópica han llevado a la disminución del componente flora en la parte alta donde se sitúan ecosistemas de importancia para la disponibilidad del recurso hídrico.

Es importante resaltar que la microcuenca se encuentra ubicada en un rango altitudinal entre los 3000 y los 4000msnm enmarcando así ecosistemas de páramo entre ellos la asociación Colorado *Polylepis quadrijuca Bitter*, este evento representa la presencia de una zona de recarga hídrica lo cual genera importancia ecológica alta.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se propone la realización del análisis de la composición florística y estructural de estos fragmentos como herramienta para la formulación de actividades de restauración las cuales apuntan hacia la recuperación de tan importantes bosques, además de la culturización de la comunidad frente a la problemática medioambiental que se presenta y que a futuro puede ser una situación adversa para la disponibilidad del recurso hídrico.

2. JUSTIFICACIÓN

El conocimiento de la composición florística y estructural de un ecosistema boscoso representa uno de los puntos de partida para la formulación del plan de restauración forestal de la asociación como estrategia de recuperación y rehabilitación de ecosistemas que han sido perturbados por acción antrópica y que requieren intervención inmediata. Los bosques de *Polylepis gadrijuga Bitter* (Colorado) en la Microcuenca Aguatendida representan en el ecosistema de paramo, una cobertura estratégica para la conservación del recurso hídrico y edáfico presente en el área, lo cual determina un alto nivel de interés respecto al conocimiento de la dinámica y composición estructural de tales bosques, teniendo en cuenta que un análisis de tales parámetros permite generar una base indispensable para el conocimiento y planificación de procesos y actividades silviculturales los cuales son aplicados en las labores de restauración ecológica.

El desarrollo de las actividades de restauración forestal favorecen la activación de procesos bióticos, abióticos y socioeconómicos así como la interacción entre ellos de manera equilibrada y sostenible; de esta manera se busca entre otros, favorecer comunidades de fauna silvestre las cuales habitan en los relictos estudiados de la misma forma se presta importancia al componente abiótico suelo y agua, el cual a causa de las actividades agropecuarias que se practican en la zona se ve afectado y que durante el proceso de restauración será beneficiado. Por medio del levantamiento de inventarios forestales en el área boscosa ocupada por la asociación de Colorado, es posible conocer cómo están conformada esta cobertura desde el punto de vista funcional y estructural, así mismo se ejecutaron una serie de actividades de vivero y campo con las cuales fue posible dar paso a la creación del plan de restauración forestal el cual consta de una serie de estrategias de campo y participación comunitaria por medio de las cuales se integraron los principales factores a tener en cuenta en estos procesos.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el análisis de la composición florística y estructural de la asociación de Colorado (*Polylepis quadrijuga Bitter*) y formular el plan de restauración forestal de la misma en la microcuenca Aguatendida municipio de Carcasí, Santander.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Efectuar los levantamientos de flora correspondientes a los fragmentos boscosos de *Polylepis quadrijuga Bitter* en la la microcuenca Aguatendida con el fin de conocer la estructura horizontal y vertical del bosque, así como la diversidad de esta asociación.

Realizar una aproximación a la fauna asociada a los bosques de *Polylepis quadrijuga Bitter* por medio de información secundaria disponible en artículos de investigación además de entrevistas y la mayor cantidad de avistamientos y registros posibles.

Formular el plan de restauración forestal para los bosques de *Polylepis quadrijuga Bitter* como estrategia de recuperación del paisaje forestal y la rehabilitación de suelos en zonas de recargue hídrico, planteando estrategias de participación con la comunidad de la zona pretendiendo generar una cultura de conservación y protección de los recursos naturales..

Conocer las especies que se asocian al bosque de Colorado *Polylepis qadrijuga Bitter*. Y su nivel de importancia ecológica y funcional en la asociación, para listar los principales usos que se le dan a esta especie en la zona, con los cuales sea posible recomendar el aprovechamiento y uso sostenible de esta especie.

4. MARCO REFERENCIAL

4.1 ANTECEDENTES

4.1.1 Los bosques a través de la historia: la historia de la humanidad es la historia de los bosques y su uso. Desde la época prehistórica, los árboles han sido la principal fuente de combustible y material de construcción de las sociedades humanas. Sin embargo, son pocas las sociedades que han logrado manejar sus bosques de forma sostenible. La historia de la civilización, además de ser la historia del uso de los bosques para mejorar la calidad de la vida humana, es la historia de la deforestación¹.

La transformación del medio ambiente ha sido una característica de la historia humana durante miles de años y es de prever que continúe. Al aplicar el concepto de sostenibilidad a los bosques y otros recursos, se vincula la consideración de los intereses de las generaciones futuras con las acciones para satisfacer lecciones es que los efectos a largo plazo del uso de los bosques, con inclusión de la deforestación, suelen estar determinados por una combinación de factores, como los sucesivos modelos de uso de la tierra y las condiciones meteorológicas y climáticas que los acompañan. En el pasado, en los casos en que no se puso freno a la presión demográfica y en que se degradaron los suelos, los bosques no se recuperaron. No obstante, existen ejemplos en muchos continentes y culturas de bosques que, dada la oportunidad y con las políticas adecuadas, sí se recuperaron.

¹MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Los incendios forestales y la importancia de la gestión del riesgo en prevención.[online]Bogotá, Colombia: Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. p.1. [Consultado en noviembre de 2015] Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/428-plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-23>

4.1.2 Restauración forestal: tal vez los temas de importancia en materia de conservación en los Andes es la ubicación de las áreas protegidas en toda la región. Áreas protegidas con reconocimiento nacional e internacional tienen diferentes grados de alcance y eficacia, con un número mucho menor que ocurren en ambientes de altura (Rodríguez & Young 2000, Soutullo et al. 2008). A raíz de nuestros modelos de predicción para dos especies de altura, la ubicación actual de las áreas protegidas, en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia, incluirán alrededor de 9% a casi el 80% de hábitats de *Polylepis* en cada país. Esto es indicativo de la falta de protección estándar de ecosistemas de altura en toda la región andina. El alto endemismo y la creciente importancia de los bosques de *Polylepis* para conservar la función del ecosistema se deben seguir poniendo en relieve en esta región para la conservación en las cuestiones del cambio climático.

Independientemente del estado de conservación, hay que destacar que los fragmentos de bosques de todos los tamaños sirven como hábitat esencial para la diversidad de alta elevación. Incluso los pequeños fragmentos con una superficie total de bosques de menos de 4,5 ha, dentro de la Cordillera Blanca del Perú, se ha demostrado que mantienen altos niveles de diversidad de aves similares a los fragmentos de más de 20 ha (Ríos et al. 2011). Sin embargo, los fragmentos pequeños deben permanecer dentro de los 200 m de fragmentos más grandes con el fin de mantener la conexión funcional de especies de aves (Lloyd & Marsden 2011). Los pastizales entre los fragmentos, un componente importante del total de la matriz boscosa, es también un conductor de las comunidades de *Polylepis* que utilizan múltiples hábitats (Lloyd 2008, Bellis et al. 2009) y deben ser incluidos en los esfuerzos de conservación que se centran en aumentar la diversidad local. Todas estas facetas destacan la calidad de los bosques como un factor importante en el apoyo de la mayor diversidad de especies (Ríos et al. 2011) y la retención de la función ecológica (Lloyd & Marsden 2011). Esto también incluye la

conservación o el aumento de la complejidad estructural de los bosques, que contienen una mezcla de la regeneración de los árboles maduros (Renison et al. 2011), lo que aumentaría la disponibilidad de nichos y los recursos naturales de las diferentes etapas de la sucesión.

El estado de la diversidad genética de las poblaciones de bosques es un factor pasado por alto e importante a considerar también. Como con la mayoría de las especies de árboles tropicales, la fragmentación de los bosques de *Polylepis* disminuyen significativamente la diversidad genética de las poblaciones a pesar de ser polinizadas por el viento, que a menudo muestran una menor pérdida genética de la fragmentación (Hensen et al. 2012). Además, las poblaciones en las elevaciones más altas tienen menor diversidad genética que otras poblaciones (Aragundi et al. 2011, Hensen et al. 2012) y se ha encontrado que la diversidad genética en *P. multijuga* era aproximadamente la mitad que otro especies polinizadas por el viento (Quinteros-Casaverde et al. 2012). Esto es posiblemente la resulta de los cuellos de botella genéticos y efectos fundadores durante las migraciones de ladera del Holoceno o la corta duración de la temporada de cultivo y temperaturas más frías en las elevaciones más altas (Hensen et al. 2012). La baja diversidad genética en las elevaciones más altas tendrá un impacto directo sobre la viabilidad de las primeras poblaciones que migran con el cambio climático. Además, la reforestación con especies no nativas de *Polylepis* puede conducir a la pérdida local de la diversidad genética de la hibridación, como otras especies relacionadas se sabe que se hibridan con facilidad (Zutta, B. 2012).²

²ZUTTA, Brian. Prediciendo la distribución de *Polylepis*: bosques Andinos vulnerables y cada vez más importantes. En: Revista Peruana de Biología. Agosto, 2012. vol.19, no.2, p.3.

4.2 MARCO TEÓRICO

4.2.1 Dendrología de la especie³: la especie de investigación es el Colorado, el cual se describe a continuación.

Nombre común: Colorado

Nombre científico: *Polylepis qadriyuga Bitter.*

Familia: Rosaceae

Estado de conservación: no es considerada una especie amenazada

Etimología del nombre: el nombre *Polylepis* deriva de dos palabras griegas las cuales son: *poly* que significa muchos y *letis* que significa láminas. Esto haciendo alusión al fuste del árbol.

Evolución: los análisis filogenéticos sugieren que *Polylepis* se desarrolló mediante poliploidización desde el género arbustivo y herbáceo *Acaena* (Kerr 2003) y que las especies filogenéticamente basales de *Polylepis* fueron árboles con hojas delgadas, 7-11 folíolos por hoja, corteza delgada e inflorescencias con abundantes flores (hasta más de 70) (Simpson 1986, Kerr 2003, Schmidt-Lebuhn et al. 2006, en prensa). La subsiguiente evolución del género fue en dirección a especies con hojas más gruesas, reducción del número de folíolos, desarrollo de una corteza más gruesa e inflorescencias reducidas con pocas flores.

Todas estas son adaptaciones a los hábitats fríos y áridos de los altos Andes. Aunque no hay dataciones exactas, la orogenia andina relativamente reciente y la baja diferenciación genética de las especies sugieren que la evolución del género ha ocurrido en los pocos últimos millones de años (Simpson 1986, Kessler 1995a, Kerr 2003, Schmidt-Lebuhn et al. 2006, en prensa). Es muy probable, que la evolución del género haya sido dominada por las marcadas fluctuaciones

³Ibíd.p.25.

climáticas durante el período pleistocénico, forzando a las especies a migrar repetidamente a localidad con condiciones ecológicas favorables, así como fragmentando las distribuciones de especies (Citado por Kessler 2006)⁴

Ecología: la variabilidad morfológica antes descrita es indicativa de la gran amplitud ecológica de las diferentes especies de *Polylepis* y de los bosques formados por ellas (Weberbauer 1945, Simpson 1986, Kessler 1995a). En regiones húmedas a lo largo de la vertiente andina oriental y en la vertiente occidental de Ecuador, la línea superior de bosques es naturalmente dominada con varias especies de *Polylepis*, arriba de los bosques de neblina conformados por *Weinmannia*, *Oreopanax*, *Clethra* y *Clusia*, entre otros. La transición entre ambos tipos de bosque se encuentra alrededor de 3.500 m, con una zona intermedia de 100-200m de diferencia (Kessler, 2006)

Morfología: las hojas del *Polylepis gadrijuga Bitter* son compuestas, con foliolos pubescentes de tamaño aproximado de 1cm, de color verde oscuro y algunos de color naranja-rojizo; el fuste del árbol es torcido, de color naranja-rojizo del cual se desprenden un gran número de delgadas láminas del mismo color las cuales cumplen una función de aislante térmico debido a las extremas condiciones climáticas que enfrenta la especie, las flores se encuentran organizadas en inflorescencias colgantes y son polinizadas por el viento con características propias de este mecanismo las cuales son pocos pétalos estambres reducidos y estigma amplio; el fruto es un aquenio de un solo carpelo indehiscente el cual contiene una única semilla en su interior (figura 1).

⁴KESLER, Michael. Bosques de *Polylepis*, Botánica económica de los andes centrales.[Online] La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés, 2006.p.11. [Consultado en Agosto de 2015]. Disponible en: http://www.nolana.com/Jalcas/Botanica_Economica_Indice.pdf

Figura 1. Morfología de la especie *Polylepis quadrijuga* Bitter (Colorado).



a) Hojas

b) árbol de Colorado

c) Aquenios

d) Fuste

Fuente: KESLER, 2006.

Requerimientos de la especie: en la microcuenca Aguatendida se encontró la especie sobre los 3.300msnm, en algunos casos ocupando áreas bordeadas por cultivos y pastizales y en otra abarca áreas destinadas únicamente al bosque.

Los suelos donde se desarrolla la especie son medianamente ácidos (pH 5,5) esto evidenciado por el alto contenido de materia orgánica proveniente de la biomasa producida en el mismo bosque, con textura francolimosa con alta presencia de rocas y pendientes que varían entre el 30-50%. Respecto al clima es una especie que se encuentra adaptada a extremas condiciones climáticas como temperaturas que fluctúan entre los 10 y 12°C mientras que en las noches se pueden presentar registros de 1°C.

4.2.2 Los bosques en Latino América⁵: de acuerdo con el informe de la FAO, para el 2010 cerca del 49 por ciento de la superficie de América Latina y el Caribe estaba cubierta por bosques; hecho que prueba que es una de las regiones del mundo con mayores recursos forestales y, por ende, biodiversidad que puede ser aprovechada de manera sustentable.

El porcentaje citado equivale a 891 millones de hectáreas que representan el 22% del área de bosque existente en el mundo; y que se distribuyen mayoritariamente en Brasil, uno de los cinco países con mayor riqueza forestal del mundo, con 519 millones 522 mil hectáreas que representan un 13% del total mundial, y el país con la mayor extensión de bosque tropical. A este país le siguen Perú con 67 millones 992 mil hectáreas; Colombia con 60 millones 499 mil hectáreas; Bolivia que posee 57 millones 196 mil hectáreas; y Venezuela con 46 millones 275 mil hectáreas; que en total suman el 84% del área total de bosque de la región.

Aunque esta región también posee un 57% de los bosques primarios del mundo, situados principalmente en zonas inaccesibles, cabe resaltar que durante las últimas dos décadas la superficie forestal ha disminuido en América Central y América del Sur debido a la deforestación causada por la conversión de tierras forestales a la agricultura y la urbanización; siendo América Central la región que registró la mayor pérdida de área de bosque, pasando de las 25.717 hectáreas en 1990 a 19.499 hectáreas en el 2010.

América del Sur, por su parte, poseía en 1990 cerca de 946.454 hectáreas de bosque, 904.322 hectáreas en el año 2000 y 864.351 hectáreas para el año 2010, que representan una variación de -0,45%, frente al último período; no obstante cabe resaltar el crecimiento de las áreas boscosas de algunos países como Chile,

⁵ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. El desafío de la ordenación forestal sostenible: Perspectivas de la silvicultura mundial.[Online]. Roma, Italia: FAO, 1994. p. 11-48. [Consultado en Junio de 2015]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/v6585s/v6585s18.htm>

Costa Rica o Uruguay, así como la región del Caribe, gracias a la expansión natural de bosque sobre tierras agrícolas abandonadas (FAO, 2012)⁶.

4.2.3 Sostenibilidad⁷: se requiere tomar decisiones teniendo en cuenta las necesidades de las generaciones futuras, además de las necesidades actuales; aunque es imposible predecir el futuro, incluidas las necesidades de las generaciones futuras, las enseñanzas extraídas de la historia y de las ciencias de la tierra y la ecología contemporáneas subrayan la importancia de los bosques y la necesidad de garantizar que las generaciones futuras puedan disfrutar y utilizar los múltiples beneficios derivados de ellos. La resiliencia y la productividad de los bosques bien gestionados brindan la oportunidad de satisfacer las necesidades de muchas generaciones.

La idea de la producción sostenible, que es un concepto básico de la actividad forestal científica, existe desde hace unos 300 años; en los últimos 40 años este concepto y la propia actividad forestal se han profundizado y ampliado para incluir los servicios ecosistémicos proporcionados por los bosques y la función decisiva desempeñada por ellos en la conservación de la vida en la Tierra; en consecuencia se comprenden mejor las funciones sociales y económicas de los bosques, y el papel de las personas y las comunidades que dependen directamente de estos servicios ecosistémicos se aprecia y utiliza de mane en conjunto, la demanda de bienes y servicios ecosistémicos de los bosques, como productos madereros, ha contribuido a la conservación de los bosques porque ha mantenido la percepción de que son bienes valiosos. La ciencia del manejo forestal sostenible desempeñará una importante función de apoyo, pero el

⁶ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Los Bosques del Mundo en Cifras: América Latina y el Caribe, una Región Rica en Materia Forestal. En: Revista el mueble y la madera. Septiembre - Noviembre, 2015.vol. 89, no, 2, p.12.

⁷ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Los bosques y la evolución del mundo moderno: La sostenibilidad, un valor duradero. [Online] Roma, Italia: FAO, 2012. p.23-25 [Consultado en Julio 2015] disponible en: <http://www.fao.org/docrep/016/i3010s/i3010s.pdf>

elemento decisivo es la percepción de la función de los bosques, ya inmediata, ya potencial. Es importante entender la función crucial que los bosques y sus productos han desempeñado en la economía en el pasado. De cara al futuro, los bosques deberían considerarse un bien cada vez más valioso, por ejemplo como una fuente de energía renovable y como un sistema natural que presta múltiples servicios ecosistémicos, como la captación y el almacenamiento del carbono debido al uso de los combustibles fósiles.

La actividad forestal, por tanto, debe seguir evolucionando y, al hacerlo, tendrá una repercusión profunda en la economía mundial y el medio ambiente; la creciente en el manejo de los bosques.

4.2.4 Evaluación estructural de ecosistemas boscosos⁸: los bosques tropicales pueden estudiarse desde el punto de vista de su organización, es decir, de la forma en que están constituidos, de su arquitectura y de las estructuras subyacentes, tras la mezcla aparentemente desordenada de los árboles y las especies, entendiendo por tales, la geometría de las poblaciones y las leyes que rigen sus conjuntos en particular. La palabra estructura se ha empleado en diversos contextos para describir agregados que parecen seguir ciertas leyes matemáticas; así ocurre con las distribuciones de diámetros normales y alturas, la distribución espacial de árboles y especies, la diversidad florística y de las asociaciones; por consiguiente puede hablarse de estructura de diámetros, de alturas, de copas, de estructuras espaciales, etc., por lo que resulta claro que el significado biológico de los fenómenos del bosque, expresados por formulaciones matemáticas, constituye la base fundamental de los estudios estructurales (UNESCO, 1980).

⁸ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA. Ecosistemas de los bosques tropicales.[Online] Madrid, España: UNESCO, PNUMA, FAO, 1998. p.126-163. [Consultado en Agosto de 2015]. Disponible en: <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000003935>

4.2.5 Estructura Vertical⁹: una de las características particulares de los bosques tropicales es el gran número de especies representadas por pocos individuos. Además, con patrones complejos de tipo espacial entre el suelo y el dosel (Bourgeron, 1983). Lo anterior sugiere que la evaluación de la estructura vertical se debe conducir de una forma diferente a la que se hace en los bosques de las zonas templadas. En éstas, los ecosistemas boscosos presentan una estructura poblacional inversa a la de los bosques tropicales, es decir, pocas especies representadas cada una por un número elevado de individuos, generando estructuras homogéneas con patrones simples de estratificación entre el dosel y el suelo, que frecuentemente presentan tres niveles que corresponde al estrato arbóreo, estrato arbustivo y estrato herbáceo (Kageyama, 1995).

Estratificación del perfil del bosque: se ha discutido frecuentemente en cuanto al número de estratos que presentan los bosques tropicales, muchos autores siguiendo la descripción tradicional de los bosques templados constituidos por tres estratos (herbáceo, arbustivo y arbóreo), han pretendido distinguir varios estratos de copas en los bosques tropicales, para lo cual se han propuesto diferentes números de categorías. Una revisión sobre esta discutida temática fue realizada por la UNESCO (1980), la cual muestra como Olberg (1953), propone ocho (8) estratos; Richards (1936), propone tres estratos de árboles y uno arbustivo; Gerar (1960), distingue cinco estratos en bosques africanos; Taylor (1964), propone cuatro estratos para los bosques densos de Ghana, lo mismo que Fashawe (1952), cuando estudia los bosques de Guyana Francesa. Igualmente, en dicha revisión se resalta como algunos autores son más prudentes en su manera de concebir la estratificación; otros en menor número piensan que los bosques densos tropicales carecen de estratos y el perfil del bosque lo constituye un continuo de vegetación entre el suelo y el dosel.

⁹MELO CRUZ, Omar y VARGAS RIOS, Rafael. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Ibagué: Universidad del Tolima, 2003. p.8-15.

4.2.6 Estructura horizontal¹⁰: la estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque. Esta estructura puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema, es el caso de las abundancias, frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera el Índice de Valor de Importancia (I.V.I). Los histogramas de frecuencia que son una representación gráfica de la proporción en que aparecen las especies, expresan la homogeneidad del bosque. Por otro lado, existen modelos matemáticos que expresan la forma como se distribuyen los individuos de una especie en la superficie del bosque, lo que es conocido como patrones de distribución espacial.

Estos generan información sobre la relación de un individuo en particular y sus co-específicos, la que puede ser empleada para propósitos de manejo y planificación silvicultural (Krebs, 1989; Lamprecht, 1990). La información de campo requerida para la evaluación de la estructura horizontal, se debe capturar sobre la totalidad de la parcela, en la cual se evalúan las siguientes variables: Número o código del árbol, nombre del individuo (especie), diámetro normal, coordenada de referencia y el número de la subparcela donde se encuentra el árbol.

***Índices convencionales:** estos comprenden las abundancias, frecuencias y dominancias, como índices derivados se obtienen el I.V.I. y el cociente de mezcla (C.M.).

La **abundancia** hace referencia al número de árboles por especie, se distingue la abundancia absoluta (número de individuos por especie) y la abundancia relativa (proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema).

¹⁰Ibíd.p.27

La **frecuencia** se refiere a la existencia o falta de una determinada especie en una subparcela, la frecuencia absoluta se expresa en porcentaje (100% = existencia de la especie en todas las subparcelas), la frecuencia relativa de una especie se calcula como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies.

Frecuencia absoluta (Fra) = Porcentaje de parcelas en las que aparece una especie.

La **dominancia**, también denominada grado de cobertura de las especies, es la expresión del espacio ocupado por ellas. Se define como la suma de las proyecciones horizontales de los árboles sobre el suelo. La dominancia relativa se calcula como la proporción de una especie en el área total evaluada, expresada en porcentaje. Los valores de frecuencia, abundancia y dominancia, pueden ser calculados no solo para las especies, sino que también, para determinados géneros, familias, formas de vida, (Lamprecht, 1990).

El **Cociente de mezcla (CM)**, es uno de los índices más sencillos de calcular y expresa la relación entre el número de especies y el número de individuos totales.

4.2.7 Diversidad ecológica¹¹.: los trópicos húmedos son extremadamente ricos en especies de plantas, del total mundial de las especies de plantas vasculares, alrededor de dos tercios (170.000 especies) se encuentran en las regiones tropicales, de las cuales unas 85.000 están ubicadas en centro y sur América, 35.000 en África tropical (8500 en Madagascar) y 40.000 en Asia (25.000 en Malasia). Unas pocas familias de plantas caracterizan la vegetación de los trópicos húmedos como por ejemplo las Myristicaceas, Annonaceas, Musaceas y Ebenaceas. Entre los diferentes bosques tropicales hay gran similitud a nivel de familia, pero hay alta disimilitud a nivel de género y más acentuada aún a nivel de

¹¹Ibíd.34

especie. Las tres regiones tienen altos valores en cuanto a la abundancia de leguminosas especialmente de la subfamilia Caesalpinioideae, al igual que Annonaceae, Euphorbiaceae.

Colombia que hace parte de la región neotropical, es considerada como el segundo país del mundo en diversidad biológica, ya que sus bosques no solo se caracterizan por la riqueza tanto de especies animales como de plantas, sino que también posee uno de los índices de endemismo más alto del globo. Sin embargo, aún se desconocen la mayoría de las especies, corriendo el peligro de pasar inéditas para la ciencia y la humanidad, puesto que la degradación del ecosistema es agigantada y poco se hace para controlarla. (Melo, 1997)¹².

Para los ecosistemas andinos, considerados como los mayores proveedores del recurso hídrico del país, predomina una alta diversidad de epífitas, donde se pueden distinguir briofitos, árnicas, teridofitos, licopodios y una gran variedad de orquídeas. También son típicas de las zonas andinas especies de árboles como el encenillo (*Weinmannia sp*), siete cueros (*Miconia sp*), aliso (*Alnus jorullensis*), dulomoco (*Saurauia sp*), cinco dedos (*Schefflera sp*), laurel (*Aniba sp*), pino colombiano (*Podocarpus sp*), cedro negro (*Juglans neotropica*), y palmas de cera (*Ceroxylon sp*), entre otros. El bosque natural de esta región se conoce con el nombre de bosque de niebla o bosque de montaña y es considerado como otro de los ecosistemas estratégicos para el país (Cervera y Cruz, 2000)

Los bosques naturales de esta formación han sido destruidos casi en su totalidad para implantar ganaderías intensivas y cultivos agrícolas tecnificados cuando se dispone de distritos de riego, quedando solamente pequeños fragmentos de vegetación secundaria que sería de gran valor estudiar, conservar y recuperar.

¹²Ibíd. p.34

4.2.8 Regeneración natural del bosque: el proceso reproductivo de los árboles se puede considerar como una serie de fases consecutivas, las cuales comprenden la floración, los sistemas de polinización y fecundación, los procesos de dispersión de frutos y semillas, la latencia o dormancia de las semillas y la germinación de las mismas. La fase final de este proceso corresponde al establecimiento de las plántulas y su mantenimiento dentro de un ambiente en donde ellas pueden crecer hasta convertirse en árboles reproductivamente maduros. La regeneración le permite a las especies permanecer a través del tiempo dentro de un bosque en particular. Igualmente, la nueva población establecida permite a las especies extender su rango dentro de nuevos hábitats, donde la muerte y la caída de los grandes árboles del dosel, rigen su distribución. Este proceso es de gran importancia para el entendimiento de los bosques tropicales y la generación de estrategias de manejo a largo plazo para optimizar su producción (Asquith, 2002; Primack, 1990)

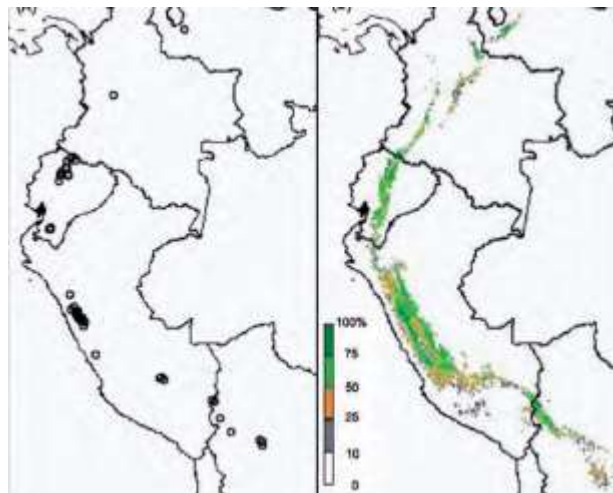
El término regeneración, es un concepto práctico que incluye no solamente la sucesión natural secundaria, si no también, los diferentes tipos de manipulación forestal que conducen intencionadamente a un nuevo estado más productivo del crecimiento del bosque; esta definición incluye prácticas silviculturales que utilizan la densidad y distribución de los árboles, el volumen en pie de diferentes categorías y estados, al igual que la composición de especies (Gómez-Pompa & Burley, 1991). De igual manera, se debe contemplar el conocimiento de las causas, los mecanismos y los factores que conllevan al proceso de cambio de especies, cambio de poblaciones y su reemplazo a través del tiempo (sucesión ecológica), lo cual permite una mayor eficiencia en los esquemas de manejo (FAO, 1985).

4.2.9 Los páramos: según la política nacional de gestión para el recurso hídrico los páramos se definen así: los ecosistemas de la alta montaña son determinantes

y estratégicos por su gran potencial de almacenamiento y regulación hídrica, recarga de acuíferos y nacimiento de los principales sistemas hídricos de abastecimiento de la población. De acuerdo con los estimativos realizados a partir del balance hídrico, el ecosistema de alta montaña tiene un área de 4'686.751ha y cuenta con un volumen 66,5 km³/año, que corresponde a un caudal de 2109m³/seg. En la alta montaña y en particular la franja entre los 3000 y 4000msnm, se encuentran los 34 ecosistemas de páramo del país, que cubren un área total de 1'933.000Has, y cuya función hidrológica se centra en la captación, recepción, almacenamiento y regulación del agua (Páramos y Ecosistema Alto Andino de Colombia, IDEAM, 2002)¹³.

4.2.10 *Polylepis quadrijuga Bitter*: especie endémica de Colombia, presente en las cordilleras Oriental y Occidental, entre 3000 y 4200m (figura 2).

Figura 2. Distribución del género *Polylepis*



Fuente: ZUTTA, 2012

¹³COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico [online]. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010. p. 124 [Consultado julio 2015]. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Presentaci%C3%B3n_Pol%C3%ADtica_Nacional_-_Gesti%C3%B3n/libro_pol_nal_rec_hidrico.pdf

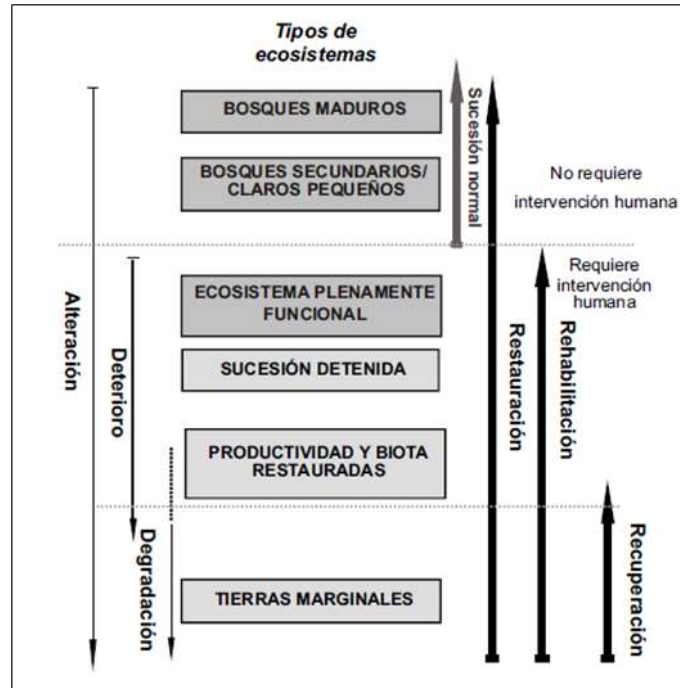
Restauración: actividad que se adelanta intencionalmente para iniciar o acelerar la recuperación de un ecosistema en lo que respecta a su salud, integridad y sostenibilidad, es un proceso en el que se imitan las diferentes etapas de sucesión hasta lograr la consolidación de una secuencia, en la que las especies sobreviven por sus propios medios estableciéndose permanentemente en un lugar. (SER 2004, Sánchez 2005, Meli 2003, Clewell & Aronson 2005).

La sucesión ecológica se caracteriza por el reemplazamiento natural de unas especies por otras en un lugar a través del tiempo. La sucesión primaria o pionera ocurre sobre un sustrato desnudo. En contraste el termino sucesión secundaria se emplea para el desarrollo de comunidades en sitios antes ocupados por comunidades bien desarrolladas o en sitios donde los nutrientes y otras condiciones son favorables como campos agrícolas abandonados, pastizales arados, bosques desmontados.

La **alteración** corresponde a la pérdida funcional o estructural de un ecosistema como consecuencia de una perturbación. La rehabilitación es la restauración de ecosistemas deteriorados hasta el punto en que puedan regenerarse por si solo en un tiempo adecuado restableciéndose los procesos ecológicos esenciales que permiten que el ecosistema se mantenga y regenere por su cuenta mientras que la recuperación es la restauración del potencial ambiental de un área para un uso determinado tales como la agricultura, la caza, abastecimiento hídrico o usos no consumidores; la recreación pasiva, la investigación o el ecoturismo (figura 3). La restauración abarca en proceso de apoyo al restablecimiento de los atributos estructurales y funcionales del ecosistema.¹⁴.

¹⁴ORGANIZACIÓN PARA LA EDUCACION Y PROTECCION AMBIENTAL. Guía técnica para la restauración de áreas con plantaciones forestales exóticas en el distrito capital D.C.[Online] Bogotá, Colombia: OpEPA, 2014 p.1-5 .[Consultado en julio de 2015]. Disponible en: http://www.opepa.org/index.php?option=com_content&task=view&id=541&Itemid=30.

Figura 3. Conceptos asociados a la restauración ecológica.



Fuente: DAMA, 2002.

Restauración ecológica: proceso de asistir el restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (SER, 2004), mediante estudios sobre estructura, composición y funcionamiento del ecosistema degradado y de un ecosistema de referencia¹⁵.

Rehabilitación¹⁶: no implica llegar a un estado original y se enfoca en el restablecimiento de manera parcial de elementos estructurales o funcionales del

¹⁵AGUILAR GARAVITO, Mauricio y RAMÍREZ, Wilson. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres [online]. Bogotá, Colombia.: ICDE - IAvH, 2015. p.3-7. [Consultado julio 2015]. Disponible en: www.humboldt.org.co/es/.../276_41573dc2c1274956cbf0b442153731f5

¹⁶MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas [online]. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. p. 92. [Consultado junio 2015]. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Ordenaci%C3%B3n-y-Manejo-de-Bosques/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACI%C3%93N_2.pdf

ecosistema deteriorado, así como de la productividad y los servicios ambientales que provee el ecosistema, a través de la aplicación de técnicas.

Reclamación: retorna la utilidad de un ecosistema sin tener como referencia un estado pre-disturbio. En ésta, se reemplaza un ecosistema degradado por otro productivo, pero estas acciones no llevan al ecosistema original.

* **Restauración ecológica asistida:** se da este tipo de restauración cuando los ecosistemas están muy degradados no pueden regenerarse solos, es muy lenta su regeneración o se desvía o detiene su dinámica natural. Es necesario implementar estrategias para lograr su recuperación. Es necesario ayudar o asistir al ecosistema para garantizar que se puedan desarrollar procesos de recuperación en sus diferentes fases y superar las barreras que impiden la regeneración.

* **Restauración ecológica espontánea:** cuando Los ecosistemas regeneran por si solos cuando no existen barreras que impidan esta regeneración. También se da cuando en un ecosistema degradado al eliminar los factores tensionantes o los disturbios que impiden su regeneración, se restaurará solo.

4.2.12 Vivero forestal¹⁷: son espacios de producción e investigación en donde técnicos y comunidad experimentan los diferentes tratamientos germinativos y técnicas de cuidado de plantas nativas o exóticas; que permanecen un tiempo allí hasta alcanzar los tamaños y estados viables, para luego ser llevadas al lugar donde se instalarán definitivamente.

Servicios de los viveros: para proporcionar y así fortalecer el desarrollo de las plantas usadas en revegetalizar y enriquecer los ecosistemas que están degradados o desprovistos de su vegetación original.

¹⁷AGUILAR, Mauricio y VANEGAS, Silvia. Viveros: Proyecto Páramo Andino [online]. Bogotá, Colombia: ICDE-IAvH, 2015. p.11. [Consultado junio 2015]. Disponible en: www.humboldt.org.co/es/.../140_c7cf55199e86517637949bb81ffa3283

Para controlar y prevenir enfermedades y ataques de depredadores que afectan a las plántulas cuando están pequeñas.

Para un permanente aprendizaje, sensibilización e intercambio de saberes y experiencias, tanto tradicionales como científicas sobre las plantas, los bosques y su papel dentro del entorno.

Para alternativas de uso sostenible de la biodiversidad por parte de las comunidades locales ya que pueden manejarse como empresas de carácter ambiental.

Organización y monitoreo: Esta tarea diaria es muy importante pues permite evaluar constantemente el proceso de producción. Incluye el registro de todas las actividades del vivero en un cuaderno, así como la ubicación y reubicación de bolsas por tamaño y especie, identificación y ubicación de material enfermo o con parásitos en la era de cuarentena, revisión y extracción de semillas que no germinan, revisión y reubicación de material muerto, riego con fertilizantes o plaguicidas en la era de cuarentena y la preparación de plaguicidas.

4.3 MARCO LEGAL

REPÚBLICA DE COLOMBIA. Constitución Política de Colombia (1991). Artículo 80 señala: El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 2811 (18 diciembre, 1974). Por la cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Título III. Determina la legislación y parámetros a tener en cuenta respecto a la conservación de bosques y ecosistemas terrestres asociados enfocando el principio de sostenibilidad y conservación de los recursos naturales.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 99 (Diciembre 22, 1993). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y establece la normatividad correspondiente a licencias ambientales, y autoridades ambientales las cuales junto con los institutos de investigación se encargan de hacer seguimiento a las actividades que requieran licencia ambiental y que por sus labores de ejecución requieran un monitoreo constante. En el aspecto específico de los páramos consagró dentro de sus principios que las zonas de páramos, subpáramos, nacimientos de agua y zonas de recarga de acuíferos deben ser objeto de protección especial, y que la biodiversidad por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, debe ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1333 (Julio 21, 2009). Por la cual se regula el procedimiento sancionatorio y se convierte en una de las herramientas que poseen las autoridades ambientales para sancionar a quienes contravengan las normas que regulan la protección de los recursos naturales y del ambiente, además de las acciones populares y de grupo contempladas dentro de la Constitución Política y desarrolladas por la ley 472 de 1998, así como la acción de tutela, cuando esa protección al ambiente esté en conexidad con un derecho fundamental. Todos los anteriores, antecedentes jurídicos que sin duda muestran un avance en la protección de los páramos pero que a su vez plantean el

interrogante si no se tratan de sofismas de distracción ante un fenómeno económico de fondo que crea cada vez mayor presión hacia su intervención.

Los pronunciamientos de la Corte Constitucional en sentencias de Constitucionalidad contra varios de los artículos del Código minero que de una u otra forma se refieren a actividades de minería en zonas que pueden afectar los recursos naturales y el ambiente, en efecto, mediante los fallos C 339 de 2002 y C 443 de 2009 ha señalado la Corte que quien debe velar por la protección de los recursos para cuando se determine la viabilidad de exploración o explotación de minería es la autoridad ambiental para que se mitiguen los efectos negativos que trae como consecuencia la actividad minera y que como tal se debe considerar en el momento de desarrollar trabajos de restauración en los páramos.

4.4 MARCO CONCEPTUAL

Abundancia absoluta: es el número de árboles por especie contabilizados en el inventario.

Abundancia relativa: es la relación porcentual en que participa cada especie frente al número total de árboles.

Alteración o Perturbación: impacto sobre un ecosistema que es más grave o agudo que un acontecimiento estresante normal.

Cambio climático: cambio en el clima, atribuible directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad climática natural observada durante períodos de tiempo comparables

Coefficiente de mezcla: es la relación entre el número de especies y el número de individuos.

Conservación: esfuerzo consciente para evitar la degradación excesiva de los ecosistemas. Uso presente y futuro, racional, eficaz y eficiente de los recursos naturales y su ambiente.

Degradación: disminución persistente de la capacidad de los ecosistemas de proveer servicios, debido a actividades humanas inadecuadas como deforestación agricultura intensiva, sobrepastoreo entre otras, o por efectos climáticos.

Densidad: corresponde al número de árboles registrados por unidad de área total de muestreo. Este dato es importante ya que muestra la influencia de la especie en el ecosistema.

Disturbio: eventos no planeados que afectan la estructura y función de los ecosistemas (Beeby, 1993).

Ecología de la restauración: se encarga de proporcionar conceptos claros, modelos, metodologías y herramientas que apoyan la práctica de los profesionales. No se limita al servicio directo de la práctica de la restauración. Los ecólogos de la restauración pueden avanzar la teoría ecológica usando sitios de proyectos de restauración como zonas experimentales.

Ecosistema de referencia: representa un punto avanzado de desarrollo de la trayectoria de restauración deseada. Puede servir de modelo para la planificación de un proyecto de restauración ecológica y posteriormente, servir en la evaluación de ese proyecto.

Ecosistemas Terrestres: se define Ecosistema como un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos en su medio no viviente, que interactúan como una unidad funcional materializadas en un territorio, la cual se caracteriza por presentar una homogeneidad en sus condiciones biofísicas y antrópicas (IAvH 2003).

Estructura vertical - Método cualitativo – Perfil: consiste en la elaboración de un diagrama de perfil de la vegetación, el cual presenta la distribución de los individuos dentro de la parcela, para lo cual se debe tener registro de los DAP, las alturas comercial y total, proyección de copas y posición en coordenadas de cada uno de los arboles así como su especie correspondiente.

Estructura vertical – Método cuantitativo – Ogawa: se detecta la presencia de estratos mediante la elaboración de una gráfica de dispersión de puntos, ubicando en las ordenadas la altura total y en las abscisas las alturas hasta la base de la copa, la aparición de puntos más o menos aislados indica el virtual vacío de las copas en los niveles intermedios, sugiriendo un número de estratos diferenciales en el perfil del bosque; cuando se genera una sola nube de puntos alargada y con pendiente positiva, no se pueden diferenciar los estratos del bosque ya que existe una continua sucesión desde el sotobosque hasta el dosel superior.

Factores limitantes: son aquellos que se hallan en cantidad, concentración, frecuencia o accesibilidad inferiores a las requeridas para el desarrollo del ecosistema.

Factores tensionantes: son los diferentes tipos de estímulo externo que pueden dañar o no los sistemas naturales; mientras que los sistemas tensionados son aquellos que no pueden desarrollarse normalmente debido a que están sometidos permanentemente a estímulos externos que retrasan o dañan su proceso de desarrollo.

Índice de diversidad de Shannon & Wiener: es una medida de la diversidad o riqueza en especies de una población dada.

Índice de Margalef: para medir la riqueza o variedad de especies, relacionan el número de especies con el número de individuos en una comunidad dada.

Índice de Simpson: determina la probabilidad de que dos individuos tomados al azar sean de la misma especie.

Índice de Valor de Importancia (IVI): es la sumatoria de los parámetros expresados en porcentaje de la abundancia, frecuencia y dominancia, el valor máximo es de 300 y se presenta cuando solamente hay una especie presente en el área muestreada.

Reclamación: retorna la utilidad de un ecosistema sin tener como referencia un estado pre-disturbio. En ésta, se reemplaza un ecosistema degradado por otro productivo, pero estas acciones no llevan al ecosistema original.

Rehabilitación: no implica llegar a un estado original y se enfoca en el restablecimiento de manera parcial de elementos estructurales o funcionales del ecosistema deteriorado, así como de la productividad y los servicios ambientales que provee el ecosistema, a través de la aplicación de técnicas (PNR, 2012)

Resiliencia: es la capacidad de recobrar los atributos estructurales y funcionales que han sufrido daño debidos a estrés o perturbaciones.

Resistencia: describe la capacidad de un ecosistema en mantener sus atributos estructurales y funcionales al verse enfrentado con estrés y perturbaciones.

Restauración ecológica: actividad que se adelanta intencionalmente para iniciar o acelerar la recuperación de un ecosistema en lo que respecta a su salud, integridad y sostenibilidad, es un proceso en el que se imitan las diferentes etapas de sucesión hasta lograr la consolidación de una secuencia, en la que las especies sobreviven por sus propios medios estableciéndose permanentemente en un lugar. (SER 2004, Sánchez 2005, Meli 2003, Clewell & Aronson 2005).

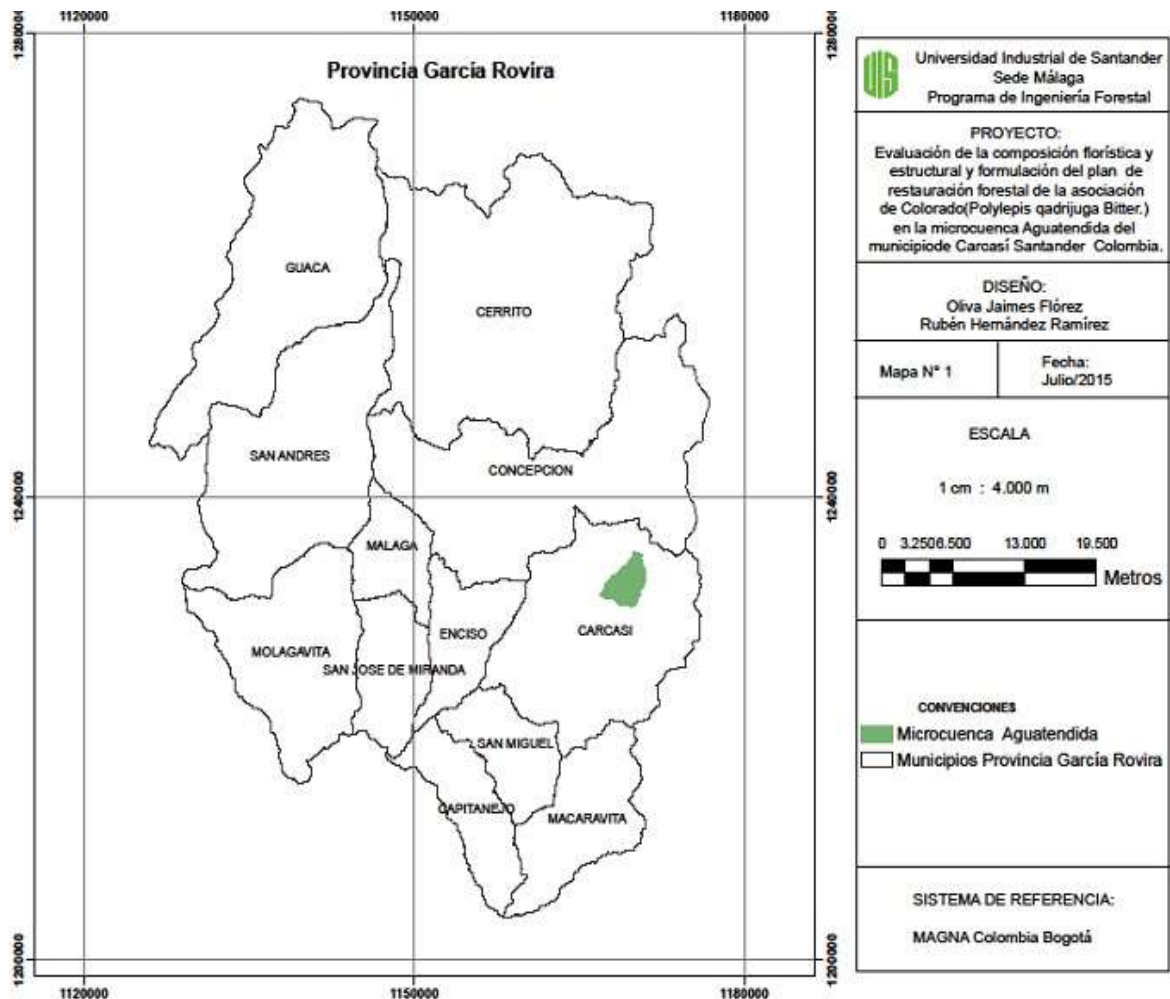
Tensión: es un estímulo aplicado que es medido por su capacidad para desviar algún componente viviente del ecosistema de su proceso de desarrollo. Existen dos tipos de tensión de acuerdo a la existencia del control o no, sobre el sistema afectado: *los disturbios y las perturbaciones* (Beeby, 1993).

5. DISEÑO METODOLOGICO

5.1 LOCALIZACION

El estudio se localiza en la Microcuenca Aguatendida en el municipio de Carcasí departamento de Santander; la figura 4 muestra la localización del área.

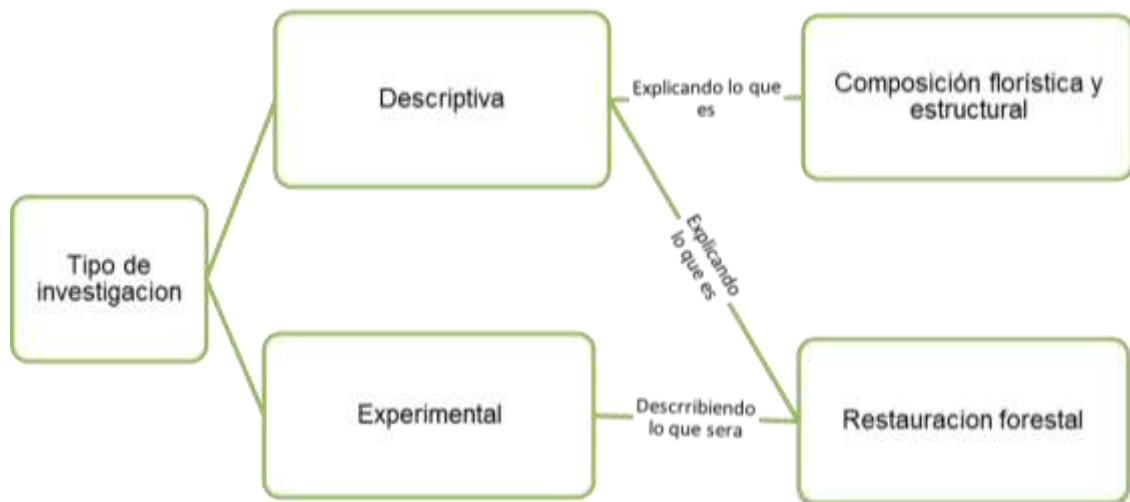
Figura 4. Localización del área de estudio.



5.2 TIPO DE ESTUDIO

Para realizar el proceso de investigación, el énfasis se centró en estudiar aspectos importantes respecto a los relictos de Colorado *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado) como: la estructura y composición del bosque en su forma natural y el proceso de restauración forestal después de haber presentado algún tipo de disturbio, por lo cual la investigación se desarrolló mediante dos tipos, donde se involucró en el caso del bosque natural una investigación descriptiva, su conformación y por otra parte la restauración forestal donde de manera experimental y descriptiva se analizó la evolución de un proceso de restauración forestal (figura 5).

Figura 5. Tipo de investigación.



5.3 DURACION DEL ESTUDIO

El estudio duro seis meses consecutivos (junio-noviembre) durante los cuales se desarrollaron las actividades programadas.

5.4 COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURAL

Para dar ejecución el estudio se desarrollaron tres fases: preliminar, de campo y proceso y análisis de información.

5.4.1 Fase Preliminar: se desarrolló una fase diagnóstica utilizando información secundaria correspondiente al género *Polylepis* además de fotografías aéreas del área seleccionada donde se pudo delimitar el área boscosa objeto de estudio, se desarrolló un premuestreo correspondiente a 5 transectos de 10X50m con los cuales se procedió a desarrollar la estabilización de la muestra como se muestra a continuación (cuadros 1 a 4).

Cuadro 1. Primer muestra (Premuestreo).

\bar{X}	0,8089795
n	30
s	0,557458337
s ²	0,3107598
cv	68,91
N	1080
t	2
n	81,61

Cuadro 2. Estabilización de n.

\bar{X}	0,809
n	30
s	0,557
s ²	0,311
cv	68,909
N	1.080
t ₈₁	1,990
n	77,572

Cuadro 3. Estabilización de n.

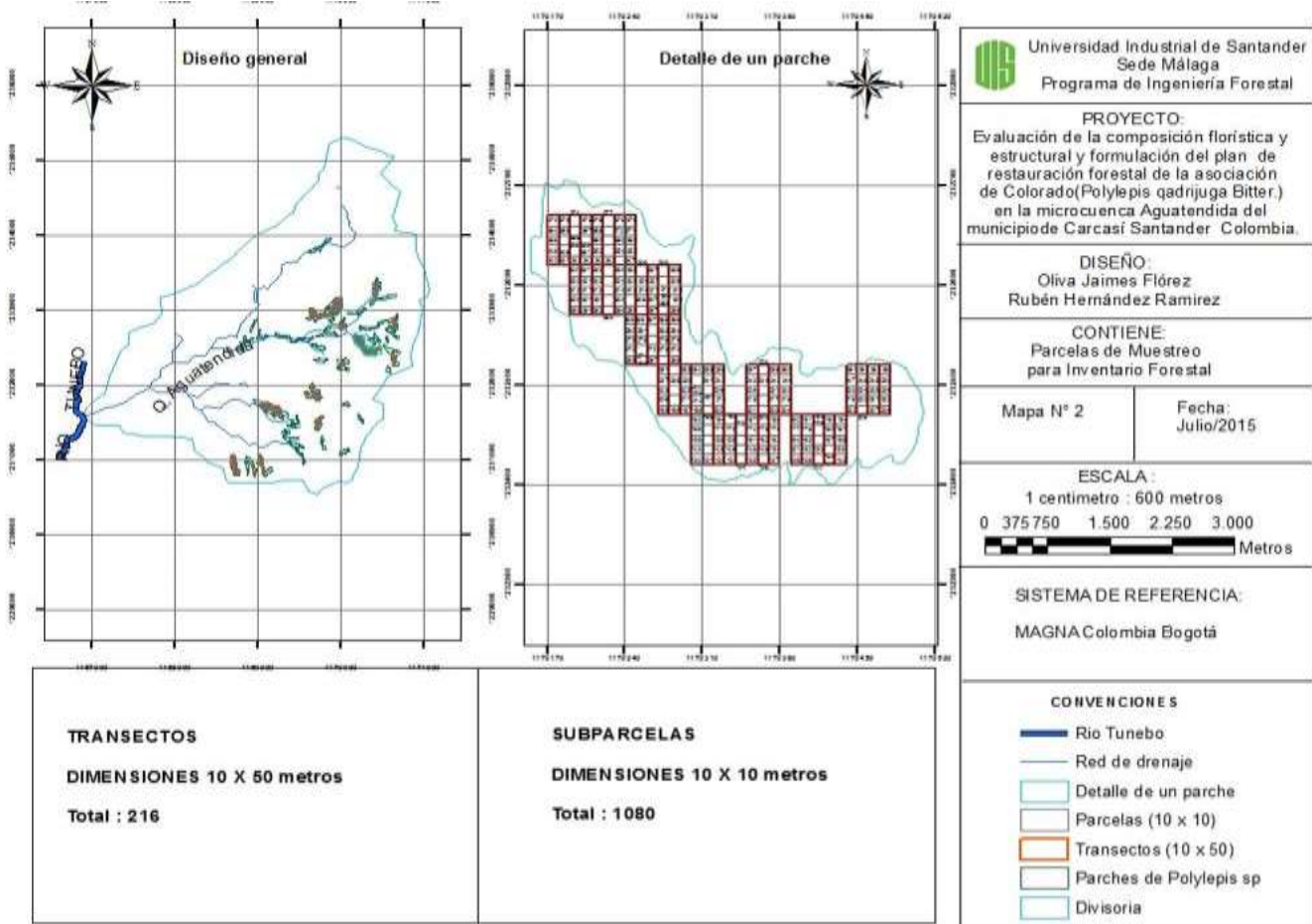
\bar{X}	0,809
M	30
s	0,557
s ²	0,311
cv	68,909
N	1.080
t ₇₇	1,991
n	77,644

Cuadro 4. Cuadro resumen estadígrafos.

Abreviatura	Descripción	Valor
\bar{X}	Media	0,809
M	Muestra	30
S	Varianza	0,557
s ²	Desviación estándar	0,311
Cv	Coficiente de variación	68,909
N	Total parcelas	1080
T	t-Student con 0.05 grados de libertad.	2-1,99
N	número de unidades muestrales	78

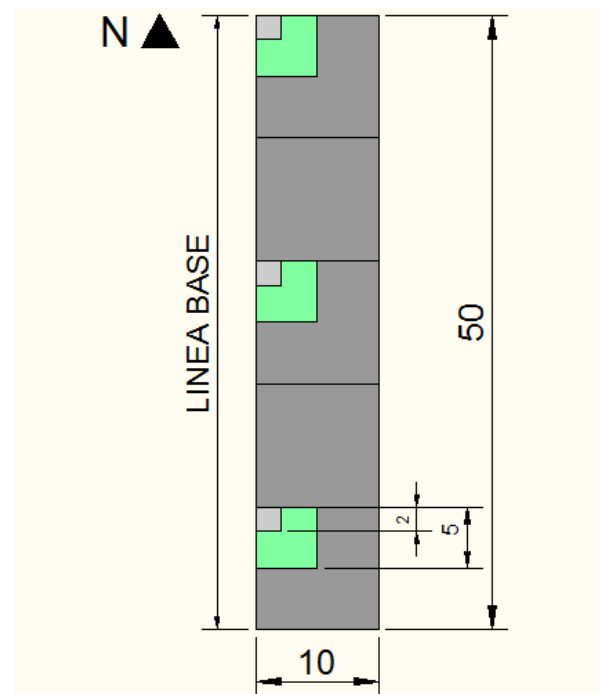
Una vez obtenidos estos resultados se realizaron un total de 78 parcelas comprendidas en 16 transectos; conocida la n muestral se procedió a desarrollar el mapa de diseño del muestreo para proceder al inventario: El mapa arrojó como resultados 216 posibles transectos correspondientes a 1080 subparcelas de 10x10m.; la figura 6 muestra con detalle el diseño del muestreo.

Figura 6. Diseño del muestreo



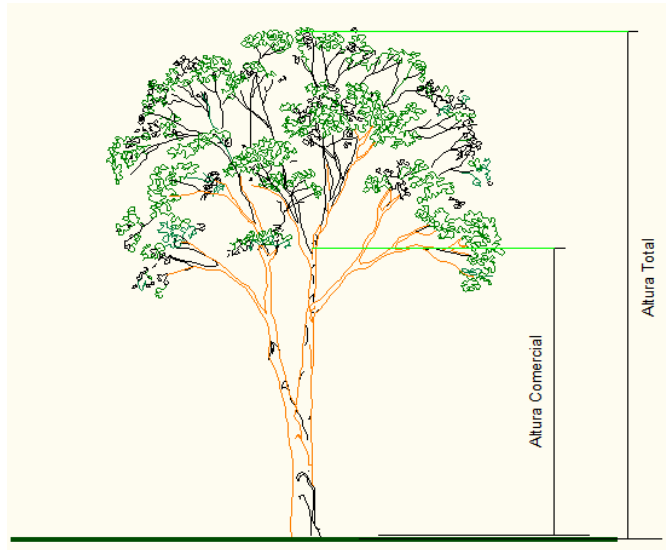
5.4.2 Fase de campo: Inventario forestal, se desarrolló el levantamiento del inventario en los transectos establecidos donde se levantó información correspondientes a fustales (individuos con $DAP > 10\text{cm}$) Latizal (Individuos $DAP < 10\text{cm}$ $> 2,5\text{cm}$) Brinzal (DAP Inferior a $2,5\text{ cm}$ y altura superior a 2m) Renuevos (todos aquellos individuos pertenecientes a la regeneración. Los parámetros a registrar correspondieron a altura total, altura comercial, coordenadas de ubicación de cada individuo, estado (de 1 a 3, bueno regular y malo respectivamente). Se utilizaron formatos de campo, para la recolección de datos. El tamaño y forma de los transectos evaluados se muestra en la figura 7.

Figura 7. Tamaño y forma de la parcela de muestreo.



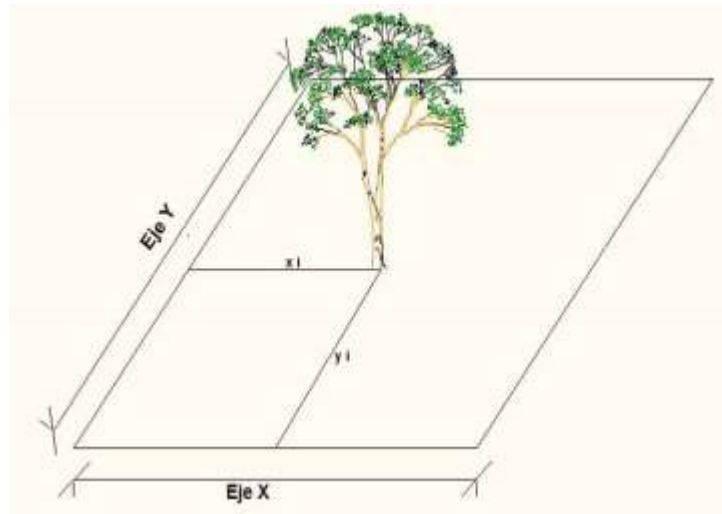
El concepto de altura comercial y altura total derivó del uso de la especie en la zona este es la utilización de la madera para postes. Los datos se tomaron teniendo en cuenta el esquema presentado en la figura 8.

Figura 8. Altura total y comercial.



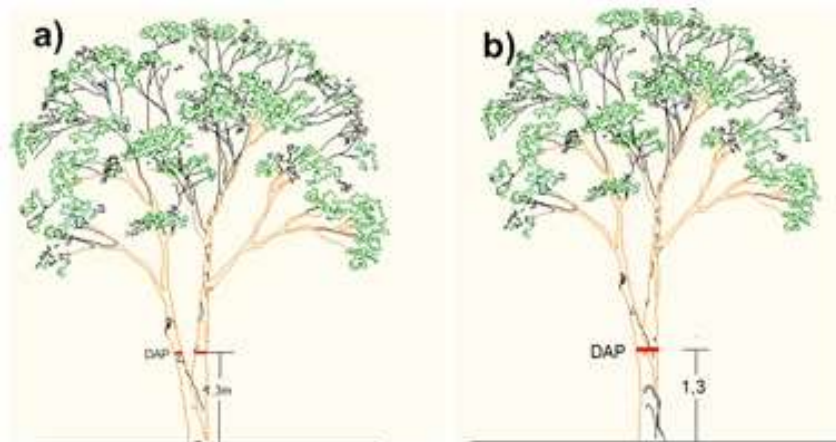
Se ubicaron todos los individuos de las parcelas partiendo como coordenada 0,0 la base de la línea madre a través de la cual se ubicaron todos los individuos como se muestra en la figura 9.

Figura 9. Ubicación de individuos en las parcelas.



Los diámetros a la altura del pecho (DAP) se toman según la figura 10.

Figura 10. Diámetro a la altura del pecho.



a) Diámetro en un árbol bifurcado. b) Diámetro en un árbol de características normales

Factor de forma: se escogieron 10 árboles de fustes medianamente similares y se les tomó diámetros cada 30cm desde la base hasta el valor tomado como altura comercial.

La siguiente expresión de Smalian indica que el volumen de un fuste o de una troza es igual al producto de la semisuma de las áreas de las secciones transversales extremas de la troza por su longitud como se indica a continuación¹⁸:

$$VS = \frac{so+si}{2} L$$

En esta fórmula se tiene que:

VS = Volumen por Smalian.

L = Longitud del fuste o troza.

SO y SI = Áreas de las secciones transversales extremas del fuste o troza.

Para la aplicación de esta expresión se obtuvieron los diámetros de las secciones extremas del fuste cada 30 centímetros y con ellos se calcularon las áreas para luego hacer la relación con la figura geométrica del cilindro y determinar el factor de forma.

5.4.3 Proceso de inventario forestal: una vez recolectada la información del inventario forestal se procedió al proceso en oficina con el fin de determinar la estructura y composición de la asociación de Colorado. Los ítems a evaluar fueron los siguientes los cuales se presentan a continuación con su respectiva fórmula:

Estructura horizontal

Abundancia

Aa = No de individuos por especie

¹⁸ROMAHN DE LA VEGA, Carlos francisco; RAMÍREZ MALDONADO, Hugo. Dendrometría.[Online] Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo, 2010. p.13. [Consultado en Junio de 2015]. Disponible en: <http://dicifo.chapingo.mx/licenciatura/publicaciones/dendrometria.pdf>

Abundancia relativa

$$A\% = \frac{\text{\# de individuos por especie}}{\text{\# de individuos en el \u00e1rea muestreada}} \times 100$$

Frecuencia absoluta

$$Fa = \frac{\text{\# de unidades de muestreo en que ocurre una especie}}{\text{\# total de unidades de muestreo}} \times 100$$

I Fa=1-20 Muy poco frecuentes

II Fa=20.1-40 Poco frecuentes

III Fa=40.1-60 Frecuentes

IV Fa=60.1-80 Bastante frecuentes

V Fa=80.1-100 Muy frecuentes

Frecuencia relativa

$$F\% = \frac{\text{Fa de una especie}}{\Sigma \text{ de todas las Fa}} \times 100$$

Dominancia absoluta

Da = Σ de las \u00e1reas basales de todos los individuos de una especie tomados en la muestra.

Dominancia relativa

$$D\% = \frac{\text{Área basal total de cada especie}}{\sum \text{Áreas basales en el área muestreada}} \times 100$$

Índice de valor de importancia (IVI): es la sumatoria de los parámetros expresados en porcentaje de la abundancia, frecuencia y dominancia, el valor máximo es de 300 y se presenta cuando solamente hay una especie presente en el área muestreada.

$$IVI = Ar\% + Fr\% + Dr\%$$

Ar%: Abundancia relativa

Fr%: Frecuencia relativa

Dr%: Dominancia relativa

Densidad

$$D = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de árboles}}{\text{Área total del muestreo en ha}}$$

Coefficiente de mezcla

$$C.M. = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de especies}}{\text{N}^{\circ} \text{ de individuos}}$$

Grado de agregación: determina la distribución espacial de las especies.

$$Ga = \frac{D}{d}$$

Densidad observada

$$D = \frac{\text{Número total de árboles por especie}}{\text{Número total de parcelas muestreadas}}$$

Densidad esperada

$$d = -\text{Log} (1-F/100)$$

Donde F: frecuencia absoluta de la especie.

Conforme a este sistema los valores de D/d significan:

D/d mayor a 1 indica una tendencia al agrupamiento

D/d es mayor a 2 significa que la especie está agregada

D/d es igual a 1 significa que la especie tiene una distribución al azar

D/d es menor a 1 es indicación de que la especie se halla dispersa.

Clases diamétricas: las clases diamétricas se establecieron a partir de un DAP de 10 cm y son las siguientes:

I 10-19,9 cm IV 40-49,9 cm

II 20-29,9 cm V 50-69,9 cm

III 30-39,9 cm VI 60-69,9 cm

Estructura vertical – método cuantitativo – ogawa: se detectó la presencia de estratos mediante la elaboración de una gráfica de dispersión de puntos, ubicando

en las ordenadas la altura total y en las abscisas las alturas hasta la base de la copa.

Estructura vertical - método cualitativo – perfil: consistió en la elaboración de un diagrama de perfil de la vegetación, utilizando el software AutoCAD 2010, utilizando plantillas prediseñadas para cada especie y puntos de GPS con los cuales se diseñó el perfil teniendo en cuenta el grado de pendiente de la zona evaluada.

Volumen: permitió conocer las existencias volumétricas totales y comerciales obtenidas en el área de estudio. Se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo del volumen según fuera comercial o total

$$VOL = AB * hc * ff$$

AB = 0.78*(DAP)² Donde:

AB = Área basal (m²)

DAP = diámetro a la altura del pecho con corteza (medido a 1.30 m del nivel del suelo).

Volumen por clases diamétricas: por medio de esta distribución fue posible determinar la cantidad de metros cúbicos de madera presentes en cada uno de los rangos establecidos para las clases diamétricas.

Índice de Simpson

$$\lambda = \sum pi^2$$

Donde pi = abundancia proporcional de la especie i (# individuos de la especie i/N

Índice de Margalef

$$DMg = (S - 1)/Ln (N)$$

Dónde: N = Número total de individuos, S = Número de especies.

Índice de diversidad de Shannon & Wiener

$$Sh = -\sum P_i \ln P_i \text{ y } \sum P_i = 1$$

Dónde:

P_i =abundancia proporcional de la especie i , lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Análisis de regeneración natural: se diseñaron tablas con las especies encontradas en los latizales, brinzales y renuevos a las cuales se les calculó la abundancia y la frecuencia total y relativa con las formulas anteriormente expuestas.

5.5 FAUNA ASOCIADA A LOS BOSQUES DE *Polylepis quadrijuga* Bitter:

Se realizó la revisión de artículos de investigación correspondientes a la fauna presente en este tipo de cobertura, y posteriormente se diseñaron plantillas a color de reconocimiento (anexo A) las cuales se utilizaron con las personas del sector quienes reconocieron o descartaron cada ilustración. Con base en esta información se clasificó cada especie de acuerdo a la categoría de amenaza partiendo de la CITES, UICN, Res 0192, y libros rojos; así fue posible identificar las especies que poseen algún grado de amenaza

5.5.1 Categorización de fauna asociada: se evaluó el nivel de amenaza de las especies encontradas en el inventario forestal, se tuvieron en cuenta los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres CITES y las listas rojas preliminares y libros rojos de plantas de Colombia del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Las categorías de riesgo y amenaza empleadas por el MAVDT (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) y el IAvH, son las categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN las categorías de manejo de conservación de especies se presenta a continuación:

En Peligro crítico (CR): cuando el taxón enfrenta un riesgo extremadamente alto de extinción en estado silvestre en el futuro inmediato.

En Peligro (EN). Un taxón está “En Peligro” cuando no estando “En peligro crítico”, enfrenta un alto riesgo de extinción o deterioro poblacional en estado silvestre en el futuro cercano.

Vulnerable (VU): cuando un taxón no estando ni “En Peligro crítico” ni “En Peligro” enfrenta de todas formas un moderado riesgo de extinción o deterioro poblacional a mediano plazo.

Existen dos categorías que si bien no clasifican a las especies como amenazadas son muy importantes, pues alertan sobre su posible inclusión en las categorías arriba mencionadas:

Casi amenazado (NT): Cuando no satisface ninguno de los criterios para las categorías en amenaza (“En Peligro crítico”, “En Peligro” y “Vulnerable”), pero está cercano a calificar como “Vulnerable”.

Preocupación Menor (**LC**). Un taxón está en la categoría de “Preocupación Menor” cuando no califica para ninguna de las siguientes categorías: extinto, extinto en estado silvestre, extinto a nivel regional, en peligro crítico, en peligro, vulnerable y casi amenazado. Generalmente se usa para organismos muy comunes o abundantes, y equivale a “Fuera de peligro”.

Por su parte los apéndices I, II y III de la **CITES**, son listas de especies que ofrecen diferentes niveles y tipos de protección ante la explotación excesiva. En el Apéndice III figuran las especies incluidas a solicitud de una Parte que ya reglamenta el comercio de dicha especie y necesita la cooperación de otros países para evitar la explotación insostenible o ilegal de las mismas.

5.6 PLAN DE RESTAURACIÓN FORESTAL

5.6.1 Ecosistema de referencia: el ecosistema de referencia se basó en los relictos existentes de la asociación *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado) que se encuentran en la región, siendo los indicadores de la existencia y dominancia de esta especie junto con otras que se asocian, para identificar estas variables se realizó aleatoriamente al plan de restauración forestal una evaluación de la composición florística y estructural de los relictos existentes y sucesiones secundarias en desarrollo y que no tenían afectación antrópica significativa.

5.6.2 Evaluación del estado actual: para determinar el estado actual del ecosistema se tomaron actores de referencia los relictos existentes de la asociación con sus respectivos estudios, los sitios donde se han generado los cambios, imágenes satelitales actuales y de esta manera se determinaron aspectos como el problema y los objetivos y además se va adquirió muchas fuentes de información sobre la distribución del ecosistema, los suelos, la

diversidad florística el componente bosque, en este caso fue muy importante el conocimiento local.

5.6.3 Alcances del plan de restauración: los alcances del plan de restauración se determinaron mediante la realización de las visitas de campo en las cuales se determinó la distribución de la especie en la zona de influencia del proyecto, los diferentes tipos de disturbios, las zonas potenciales para realizar los procesos de restauración y la comunidad que se debe involucrar en el proceso de restauración forestal.

5.6.4 Análisis de la restauración natural de una sucesión secundaria de la asociación Colorado (*Polylepis quadrijuca Bitter*) y de determinar el nivel de asociatividad a través del tiempo se establecieron parcelas de 100m² (figura 11); estas parcelas fueron de tipo permanente en cuatro parches de edad conocida (5, 7, 15, 20 años) esta edad fue establecida por medio de información de la comunidad de la zona los cuales reportan que previo a la formación de parches boscosos existieron cultivos de papa (*Solanum tuberosum*) y posteriormente se presentó el desarrollo de la asociación y donde se evaluaron los siguientes parámetros:

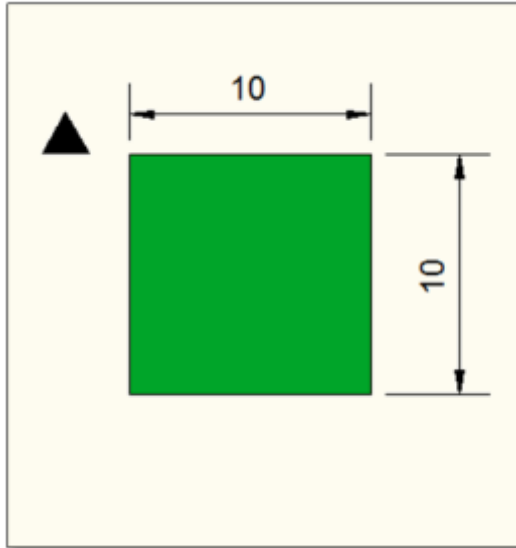
Altura

Diámetro

Densidad

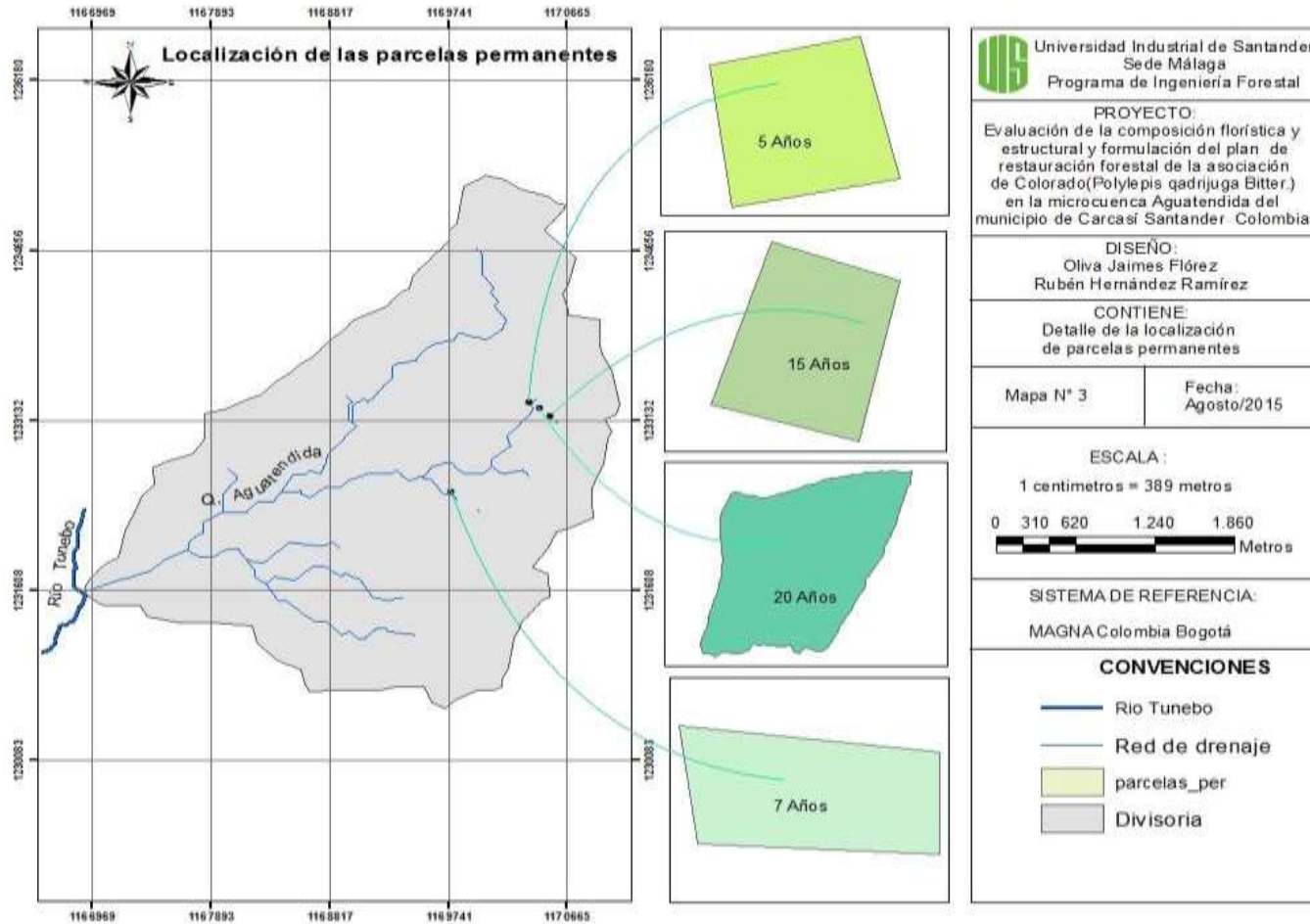
Presencia de especies asociadas

Figura 11. Parcela de sucesión secundaria.



La ubicación de las parcelas de evaluación de sucesión se ilustra en la figura 12.

Figura 12. Localización de las parcelas para análisis de sucesión secundaria.



5.6.5 Estrategias de participación con la comunidad: se desarrollaron estrategias de extensión y participación de la comunidad en los procesos de conocimiento y restauración de los bosques de Colorado.

El desarrollo de actividades con la comunidad de la microcuenca Aguatendida se consideró como uno de los factores elementales para el desarrollo del proyecto debido al impacto del mismo se trabajó con los siguientes actores:

***Comunidad educativa de la Escuela Laguna Negra:** conformada por ocho estudiantes de primaria y la docente Rosa.

***Comunidad habitante de la microcuenca:** doce familias distribuidas a lo largo de la extensión de la misma.

***Comunidad de la vereda:** se desarrollaron visitas en cada una de las doce casas pertenecientes a la microcuenca Aguatendida, a la vez se dieron charlas educativas con los siguientes temas:

Calentamiento global

Cambio climático

Prácticas de reciclaje

Disposición de residuos de agroquímicos

Restauración forestal

Importancia de los bosques de Colorado.

Fauna asociada a los bosques de Colorado

***Comunidad educativa Escuela Laguna Negra:** se ejecutaron las siguientes estrategias didácticas con los niños:

Presentación educativa sobre la deforestación, cambio climático, reciclaje y restauración de bosques.

Taller de dibujo “Nuestros bosques”

Lectura y socialización de la Poesía “Salvamos el mundo”

Compartir

Socialización de dibujos y entrega de detalles.

5.6.6 Tipo de restauración forestal: para determinar el tipo de restauración que se ajustara mejor a las condiciones climáticas, topográficas y de diversidad de especies se tuvo como base las parcelas demostrativas de sucesión secundaria que son indicadoras del desarrollo natural de la asociación.

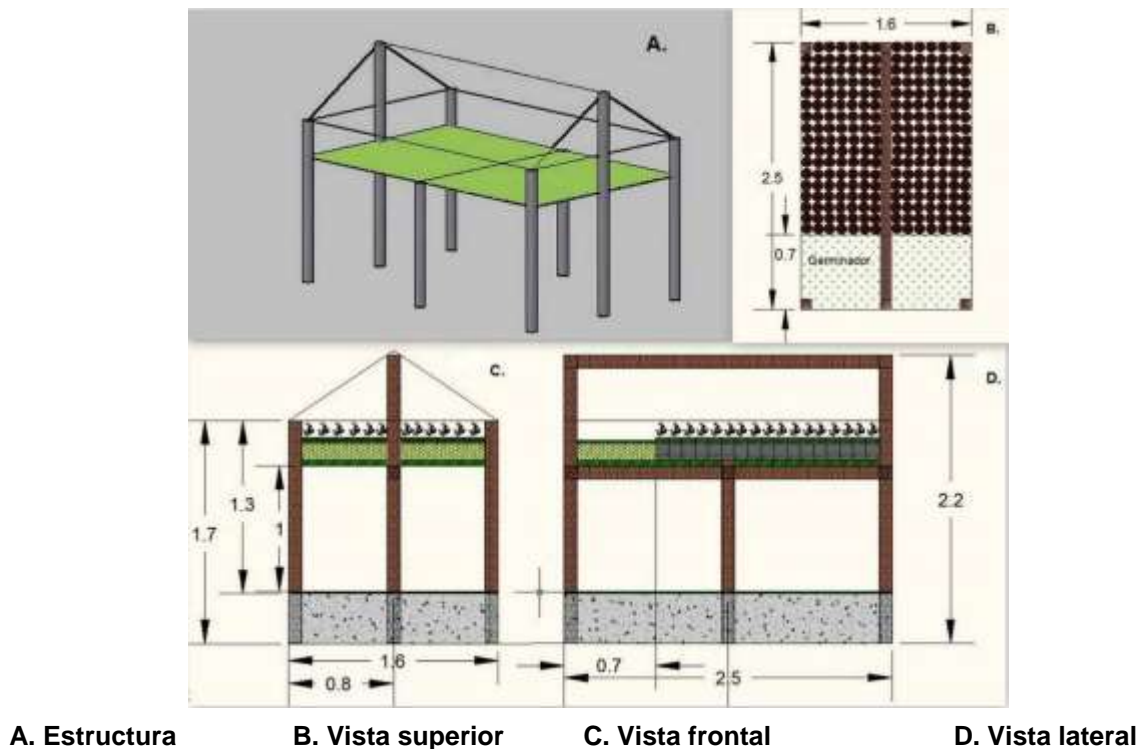
5.6.7 Identificación de las especies asociadas en los procesos sucesional y potenciales para la restauración: para evaluar el potencial de regeneración y desarrollo de la asociación, basados en cartografía social se encontraron cuatro parcelas de estudio donde algunas vez fueron utilizadas para cultivos agrícolas y como consecuencia de la dispersión de semillas al realizar el aprovechamiento de árboles maduros en terrenos aledaños a la parcela se produjo una sucesión secundaria la cual no fue interrumpida en su proceso; basados en estos datos se realizó un estudio de composición florística y estructural en parcelas de cinco, siete, quince y veinte años utilizando 100m² para cada una de ellas las cuales se distribuyen en toda la zona de influencia del proyecto.

5.6.8 Propagación de especie: se estableció un vivero transitorio en el cual se utilizaron materiales de la zona como caña y postes. Este vivero conto con una área en planta de de 4m² con unas dimensiones de 1,6X2.5 metros de los cuales 1.12 m² se emplearon como germinador. El piso se aisló del suelo a 1 metro con el fin de evitar problemas de encharcamiento y hongos. El vivero aporto una capacidad para 150 plántulas dispuestas en bolsas plásticas de un kilogramo cada una; dichas plántulas se obtuvieron a partir de la regeneración natural en los

bordes de los parches las cuales fueron extraídas y trasladadas al vivero donde fueron sembradas en las bolsas y organizadas de acuerdo a: fertilizante químico, pollinaza, y sin ningún complemento, esto con el fin de verificar la eficiencia y la tolerancia de los arboles a los fertilizantes; de igual manera se instaló un germinador en el cual se dispusieron las semillas recolectadas de árboles vigorosos y en buenas condiciones fitosanitarias y fisiológicas.

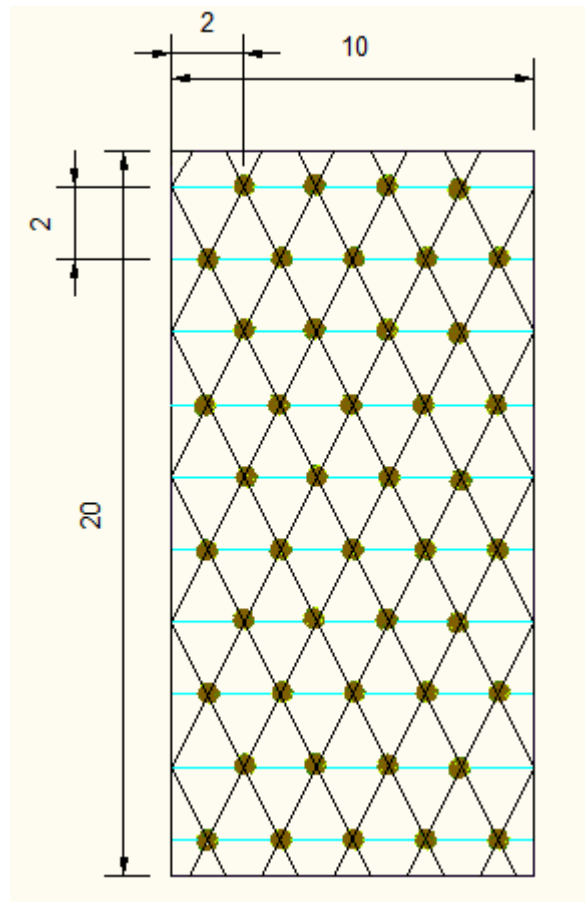
El monitoreo de este proceso de vivero se llevó a cabo teniendo en cuenta variables de desarrollo y supervivencia. Se empleó numeración para cada árbol y de esta manera se llevó registro del crecimiento y vigorosidad del material (figura 13).

Figura 13. Vivero transitorio.



5.6.9 Establecimiento de una parcela demostrativa: con el fin de desarrollar procesos de rehabilitación de áreas que anteriormente fueron ocupadas por bosques de Colorado se estableció el material producido en el vivero transitorio una vez transcurridos 4,5 meses y terminado el monitoreo de adaptación se procedió a llevar el material a campo y plantarlo de acuerdo a la figura 14.

Figura 14. Trazado de la parcela demostrativa.



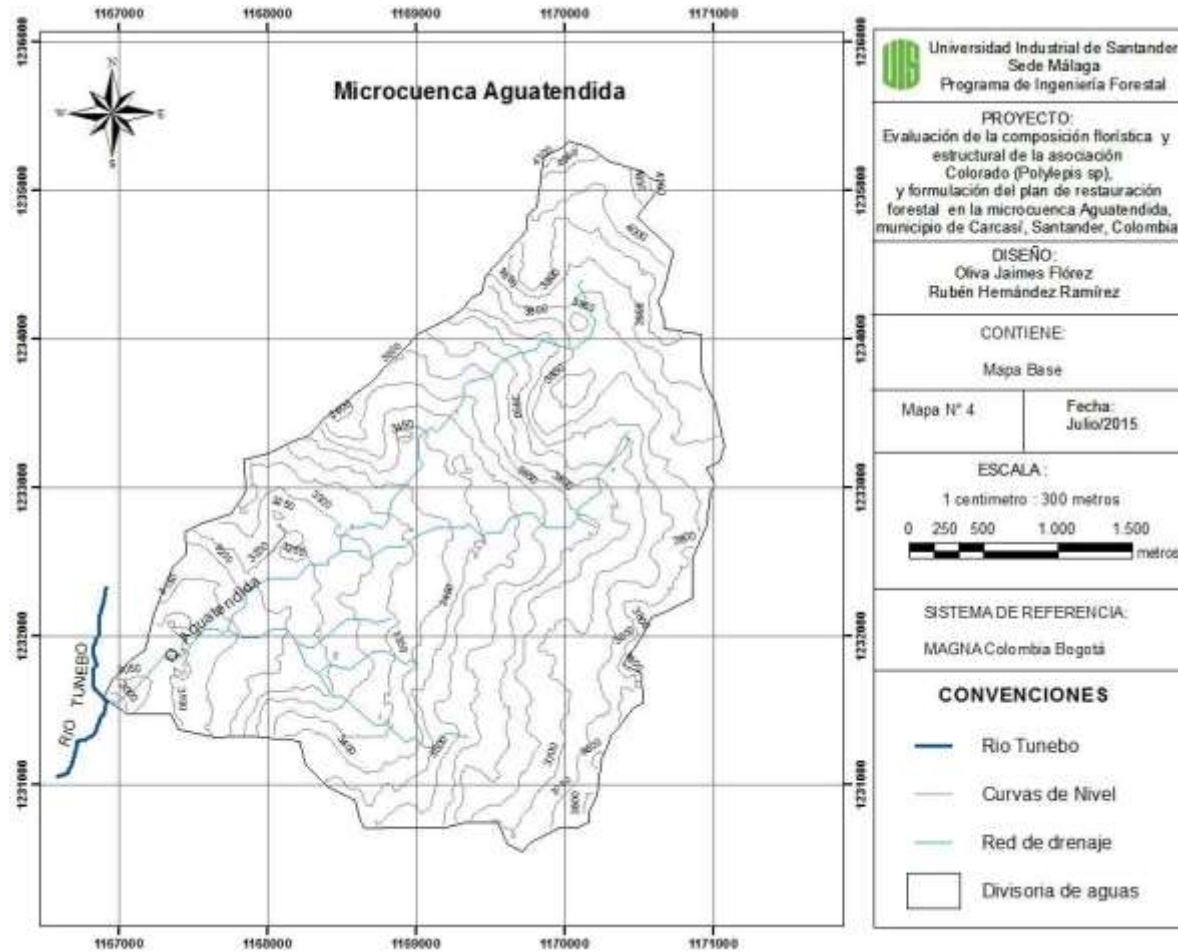
Durante el proceso de establecimiento se buscó integrar a la comunidad con el fin de desarrollar la apropiación de los conceptos asociados a restauración forestal y al cuidado del medio ambiente.

6. ANALISIS DE RESULTADOS

6.1 DESCRIPCION DEL ÁREA DE ESTUDIO

La microcuenca Aguatendida comprende un área exclusiva de paramo en el cual es importante destacar la presencia de coberturas estratégicas para la conservación del recurso hídrico tales como : la presencia de áreas cubiertas por frailejón (*Espeletia sp*), la existencia de la laguna negra la cual actualmente presenta una problemática ambiental debido a la presencia de cultivos de papa a tan solo tres metros del espejo de agua lo que deteriora la calidad del agua y consecuentemente a esta situación se presenta la disminución de la diversidad acuática. Uno de los más importantes factores a tener en cuenta es la presencia de relictos boscosos de Colorado *Polylepis gadrijuca Bitter* los cuales por su importancia ecológica son el objeto del presente estudio. En la figura 15 se detallan aspectos básicos en el manejo de cuencas tales como curvas de nivel, red de drenaje y localización de los cuerpos de agua más importantes de la misma:

Figura 15. Mapa base.



6.1.1 Descripción morfométrica y fisiográfica de la microcuenca: el cuadro 5 muestra la descripción de características de superficie de la microcuenca con el fin de relacionar tales datos entre sí y generar una breve descripción morfométrica y fisiográfica de la microcuenca.

Cuadro 5. Características de área de la microcuenca.

Descripción de características morfométricas		
Descripción	Unidad	Valor
Área	Km ²	10,702
	Ha	1070,206
Perímetro	Km	15,112
Longitud axial	Km	4,850
Centroides	CENTROIDE (GCS Datum: WGS_1984) - PSC: Colombia_Bogota_Zone	
Centroide X	Metros	1169323,471
Centroide Y	Metros	1232646,754
Centroide Z	Metros	3553
Cotas		
Cota Min	Msnm	2977
Cota Max	Msnm	4129
Altitud		
Altitud de frecuencia media	Msnm	3601,686
Altitud media	Msnm	3553
Pendiente media	%	22,803

Los parámetros morfométricos y fisiográficos se muestran en el cuadro 6:

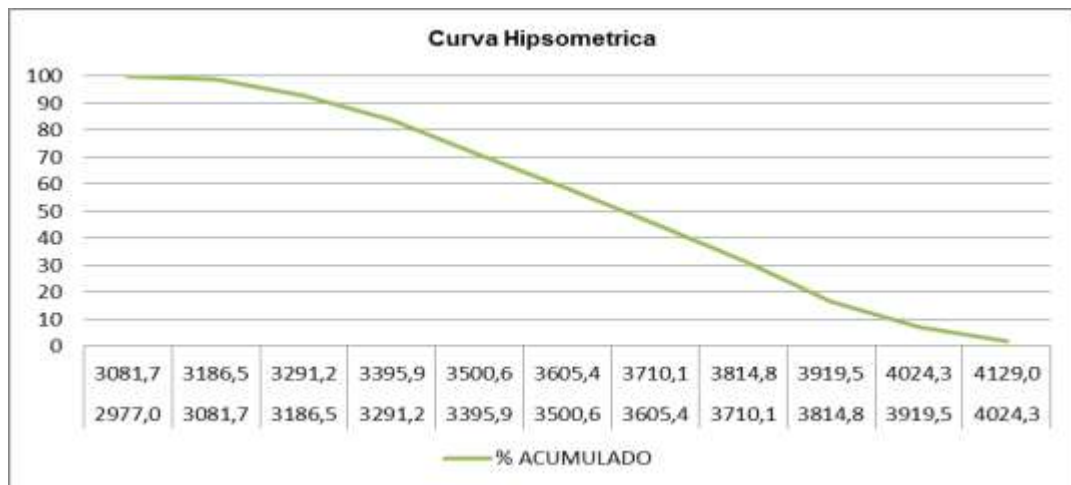
Cuadro 6. Características de forma de la microcuenca.

Morfometría			
Item	Abrev	Valor	Observación
Parámetros de forma			
Ancho promedio	Ap	2,21Km	
Factor de forma	Ff	0,45	Medianamente susceptible a crecidas
Coeficiente de Compacidad (Cc) o de Gravelius	Kc	4,62	Alta irregularidad, no se asemeja a un circulo
Coeficiente de circularidad o de Miller	Cc	0,589	No tiene forma circular pero tampoco rectangular

La microcuenca presenta una superficie medianamente uniforme con una distribución homogénea de avenidas sobre las cuales se distribuye la red de drenaje.

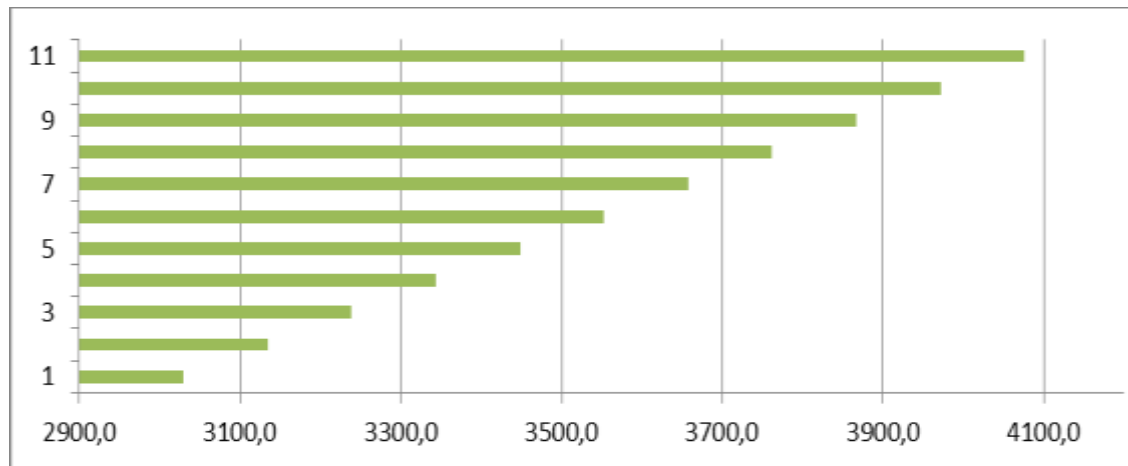
Curva hipsométrica: la curva hipsométrica representa el área drenada variando con la altura de la superficie de la cuenca. Para la microcuenca Aguatendida se presentó la siguiente curva:

Figura 16. Curva hipsométrica.



Histograma de frecuencias altimétricas: se presenta la representación de la superficie en porcentaje, comprendida entre dos cotas, en el área de la microcuenca (figura 17).

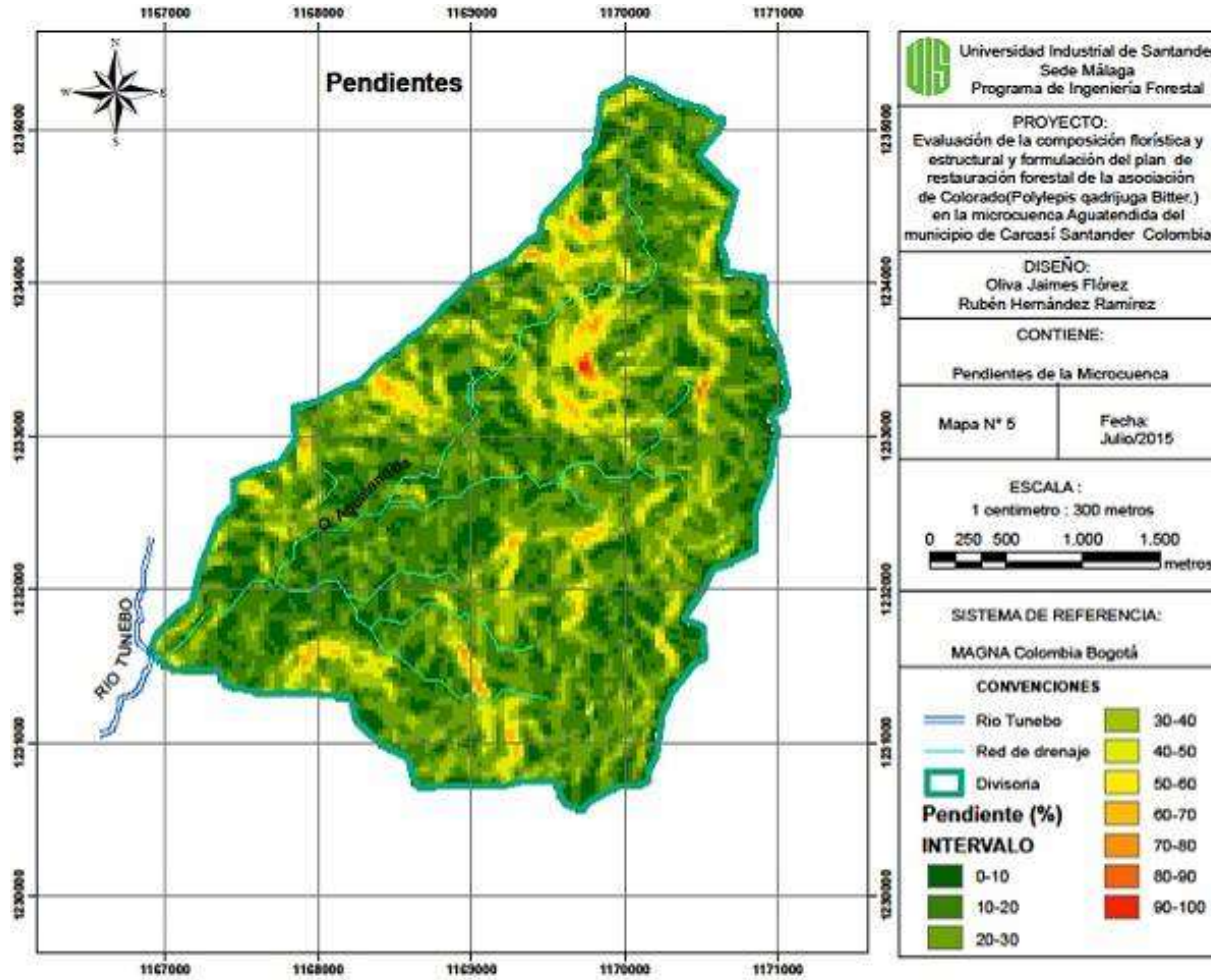
Figura 17. Histograma de frecuencias altimétricas.



La grafica muestra el promedio de las cotas partiendo cada dos de ellas y estableciendo la menor y la mayor como los límites de confianza respectivamente.

Pendiente media de la microcuenca: la pendiente promedio de la microcuenca es de 22,8%, con ello, se puede afirmar que es medianamente suave, influyendo directamente en un menor tiempo de escorrentía de la microcuenca.

Figura 18. Mapa de pendientes.



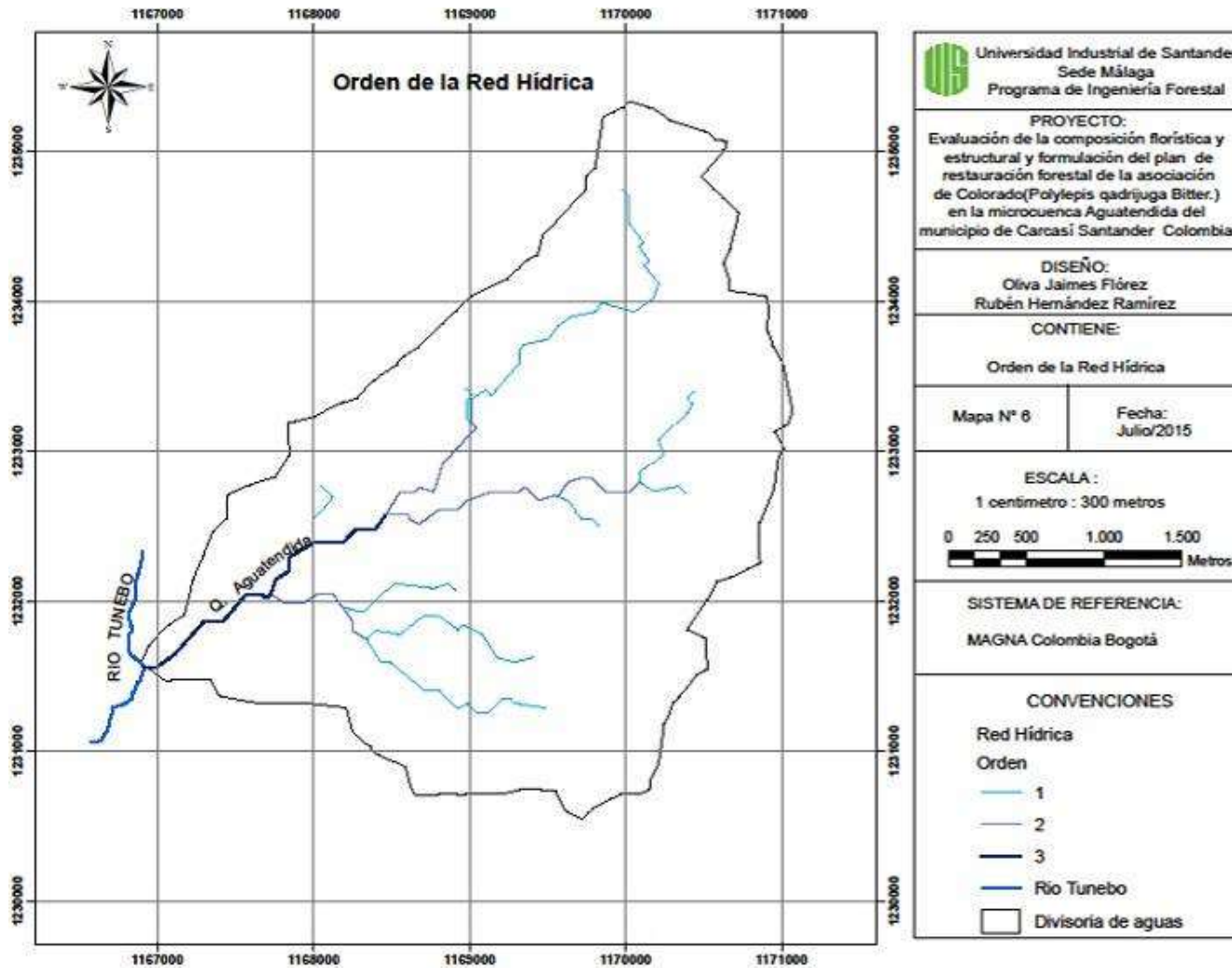
Orden de la red hídrica: la microcuenca cuenta con una red de drenaje de orden tres como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 7. Longitud de cauces según el orden de la red.

Orden	Longitud (Km)
1	8,346
2	3,715
3	2,084
Total	14,145

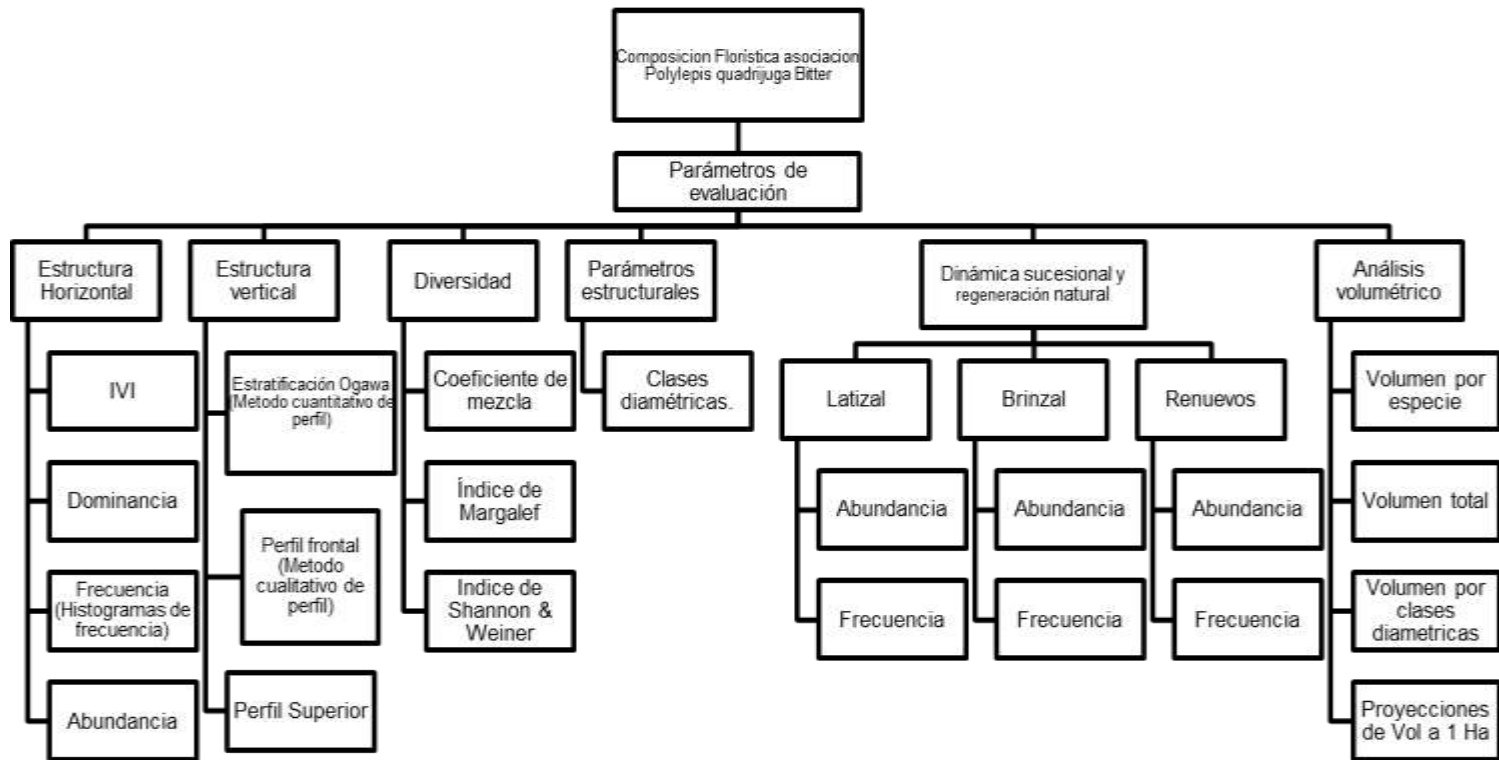
Los cauces de la microcuenca presentan una pendiente de 20,3% la cual es similar a la pendiente general del área de la superficie total; el siguiente mapa detalla el orden de la red hídrica (figura 19)

Figura 19. Orden de red hídrica.



6.2 ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURAL DE LA ASOCIACIÓN DE COLORADO *Polylepis quadrijuga bitter*.

Figura 20. Parámetros de evaluación estructural del bosque.



El área evaluada comprende un total de extensión de 11,29Km² de los cuales el 4% corresponde a la asociación *Polylepis quadrijuga Bitter* con 0,44 Km² distribuidos en 35 parches.

En los 5.000m² (0,5Ha) se registraron 403 individuos correspondientes a quince especies agrupadas en nueve familias de las cuales la más representativa es la familia Rosaceae con 319 individuos, once géneros siendo el más importante de estos el género *Polylepis*. Los cuadros 8 y 9 consolidan en orden descendente estos datos.

Cuadro 8. Número de individuos por familias evaluadas.

Familias	N. de individuos
Rosaceae	320
Escalloniaceae	19
Asteraceae	34
Melastomataceae	14
Myrsinaceae	8
Elaeocarpaceae	3
Cunoniaceae	2
Total	402

Cuadro 9. Número de individuos por géneros.

Género	N. de individuos
Polylepis	312
Escallonia	19
Diplostephium	18
Miconia	14
Ginoxys	13
Hesperomeles	8
Myrsine	8
Baccharis	3
NN1	3
Vallea	3
Weinmania	2
Total	402

Para conocer estos bosques se desarrolla un inventario con el cual fue posible determinar el valor ecológico de las especies como estrategia para la posterior formulación del plan de restauración forestal de esta cobertura vegetal.

Figura 21. Bosques de *Polylepis quadrijuga* Bitter en la zona de influencia directa del proyecto, elevación 3.626msnm.



6.2.1 Estructura horizontal: el cuadro 10 muestra la estructura para cada una de las especies encontradas en los bosques de *Polylepis gadrijuga Bitter* (Colorado).

Cuadro 10. Índice valor de importancia Bosques de *Polylepis gadrijuga Bitter*.

Nombre común	Nombre científico	Abundancia absoluta	Abundancia relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Dominancia absoluta	Dominancia relativa (%)	IVI
Colorado	<i>Polylepis gadrijuga Bitter.</i>	311	77,3632	100	48,5437	8,8699	80,8552	206,7621
Tobo	<i>Escallonia myrtilloides L. f.</i>	19	4,7264	12	5,8252	0,4803	4,3781	14,9297
Tuno	<i>Miconia summa (Cuatrec).</i>	14	3,4826	16	7,7670	0,2476	2,2567	13,5063
Romero	<i>Diplostephium rosmarinifolius (Benth.) Wedd.</i>	8	1,9900	14	6,7961	0,2467	2,2488	11,0349
Mortiño	<i>Hesperomeles goudotiana (Decne.) Killip.</i>	8	1,9900	10	4,8544	0,3250	2,9626	9,8070
Hoja blanco	<i>Ginoxys sp.</i>	13	3,2338	10	4,8544	0,1439	1,3121	9,4003
Cucharo	<i>Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.</i>	8	1,9900	12	5,8252	0,1066	0,9715	8,7868
Romero Negro	<i>Diplostephium sp. (Negro)</i>	3	0,7463	6	2,9126	0,0452	0,4125	4,0714
Raco	<i>Vallea sp.</i>	3	0,7463	6	2,9126	0,0368	0,3351	3,9940
Encenillo	<i>Weinmania sp.</i>	2	0,4975	4	1,9417	0,1423	1,2967	3,7360
Romero Blanco	<i>Diplostephium sp. (Blanco)</i>	5	1,2438	2	0,9709	0,1506	1,3725	3,5872
NN1	<i>Sombrerito</i>	3	0,7463	4	1,9417	0,0614	0,5600	3,2480
Romero Verde	<i>Diplostephium sp. (Verde)</i>	2	0,4975	4	1,9417	0,0741	0,6758	3,1150
Baccharis 2	<i>Baccharis sp. 2 2</i>	2	0,4975	4	1,9417	0,0244	0,2220	2,6612
Baccharis	<i>Baccharis sp.</i>	1	0,2488	2	0,9709	0,0154	0,1404	1,3601
TOTAL		402	100	206	100	10,97	100	300

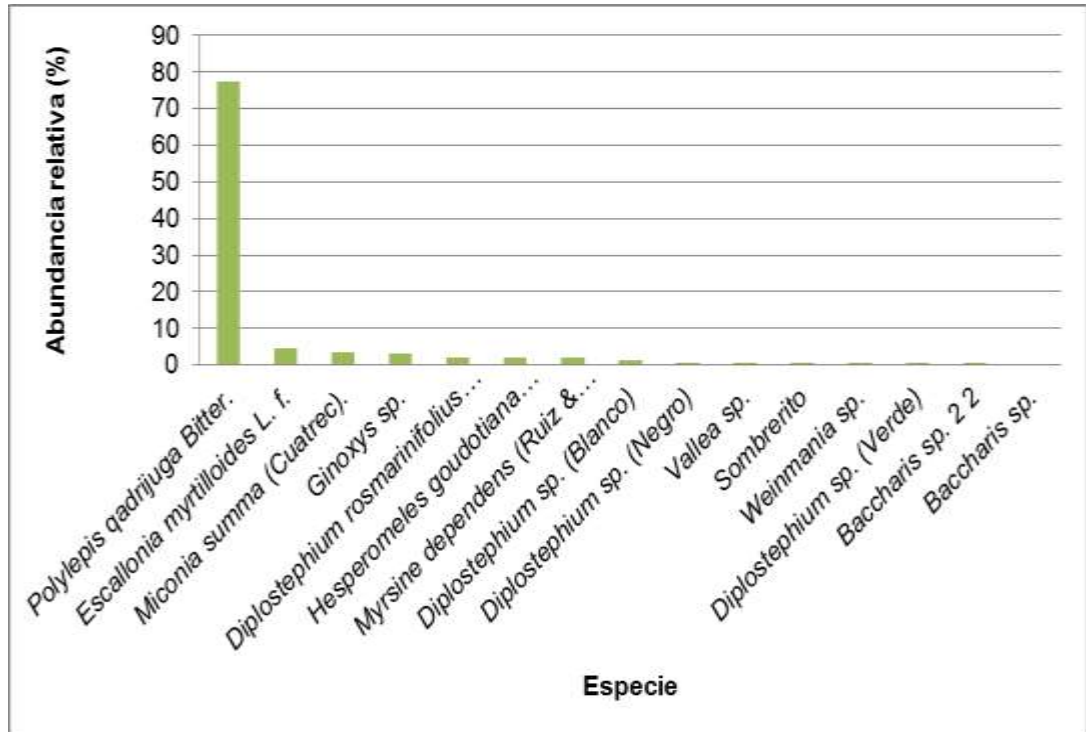
Figura 22. Árboles de Colorado *Polylepis qadrijuga* Bitter.



Densidad: una vez inventariados los individuos de los bosques de Colorado se determinó la densidad por hectárea de 806 árboles por hectárea con un DAP superior a 10 cm.

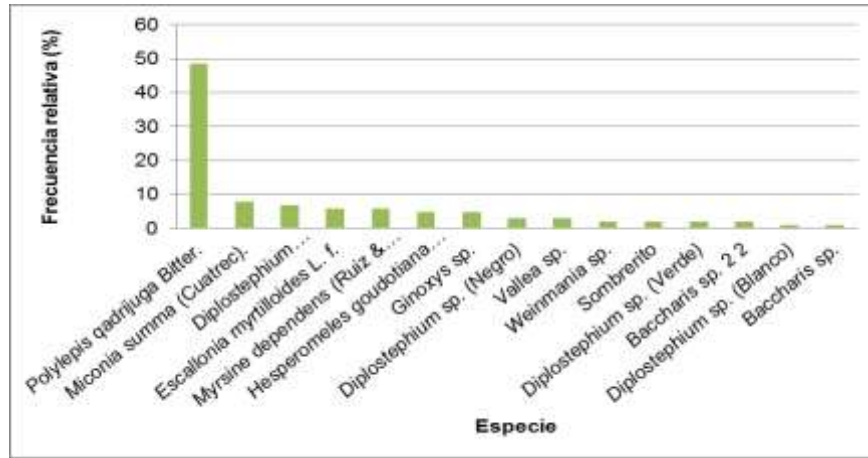
Abundancia: la asociación de Colorado presenta como su especie más abundante el *Polylepis qadrijuga* Bitter con un porcentaje de 77,36% (311 individuos) de representatividad de la asociación, seguido por el *Escallonia myrtilloides* L. f (Tobo) presentando una diferencia significativa y un porcentaje de 4,7% (19 individuos). La siguiente grafica detalla la abundancia de cada una de las especies encontradas.

Figura 23. Abundancia relativa en bosques de Colorado



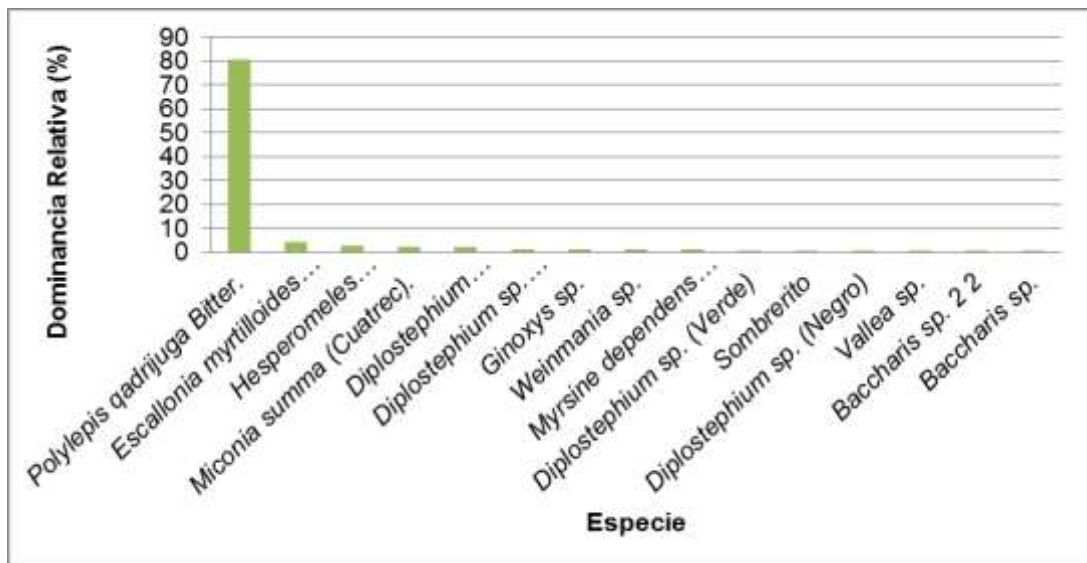
Frecuencia: la especie más frecuente de la asociación es el *Polylepis qadrijuqa Biter* (Colorado) con un 48,54% esto corresponde a la alta representatividad de la especie, debido a haber sido encontrada en todas las parcelas muestreadas. La especie que sigue este dato corresponde a *Miconia summa* (Cuatrec Tuno) con un porcentaje de 7,77%; el *Diplostephium rosmarinifolius* (Benth Romero Wedd) alcanza un valor de 6,77% seguido por *Escallonia myrtilloides* L. f. (Tobo) con 5,82%; en la figura 24 se observan estos datos

Figura 24. Frecuencia relativa en bosques de Colorado.



Dominancia: los valores tomados bajo el criterio de ocupación en el bosque obedecen al área basal que cada especie representa en el terreno, según este parámetro la especie dominante es *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado), la cual aporta el 80,85% según la sumatoria de áreas basales de la especie; seguida inmediatamente por *Escallonia myrtilloides* L. f. con un porcentaje de 4,38% como se observa en la siguiente gráfica:

Figura 25. Dominancia en bosques de Colorado.

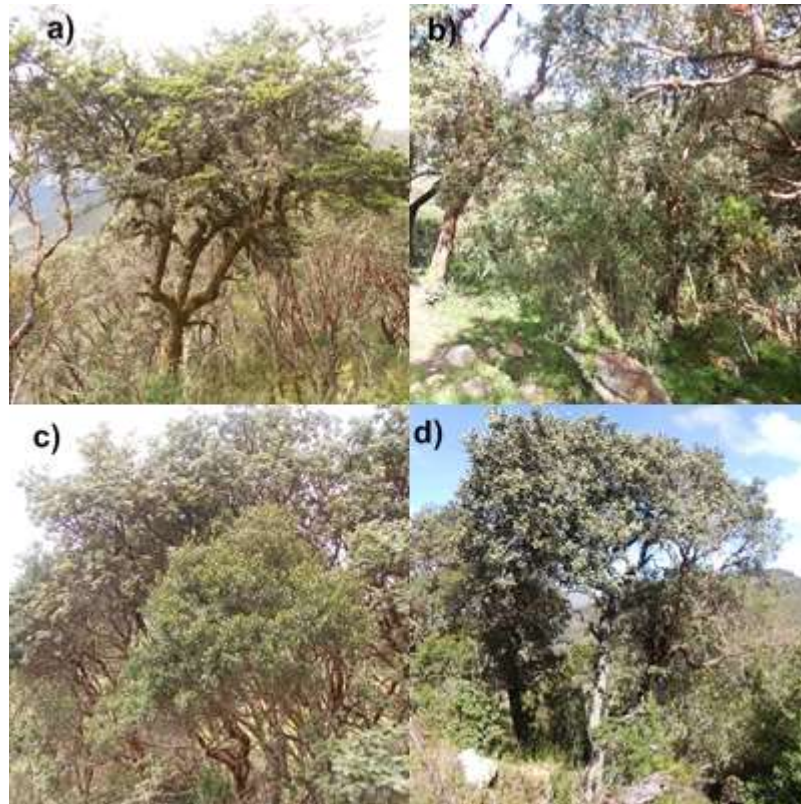


Índice de valor de importancia: al procesar la información se calculó el índice de valor de importancia de la asociación siendo la especie de mayor peso ecológico el *Polylepis qadrijuga Bitter* (Colorado) con un valor de 206,76 la especie que alcanzo el dato siguiente de la comunidad vegetal es el *Escallonia myrtilloides* L. f. (Tobo), con el valor de 14,93; la especie con menor importancia ecológica que ocupa el bosque de Colorado es el *Baccharis sp1* con un índice de 1,36 como se aprecia en las figura 26 y 27.

Figura 26. Índice de valor de importancia en los bosques de Colorado.



Figura 27. Especies representativas de la asociación.



a) *Escallonia myrtilloides* (Tobo)

b) *Gynoxis sp* (Hoja blanco)

c) *Miconia summa* (Cuatrec) (Tuno)

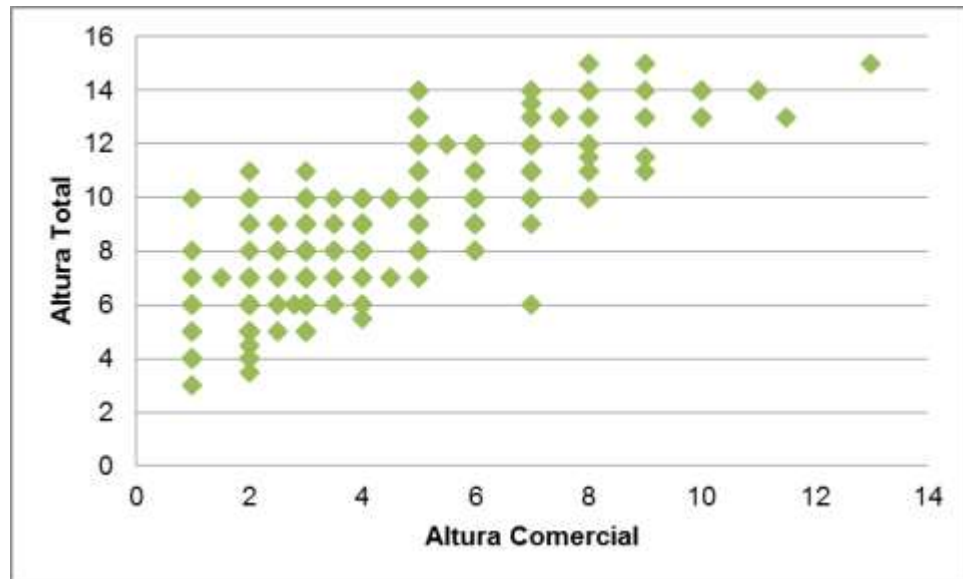
d) *Hesperomeles goudotiana* (Decne.) Killip.(Mortiño)

6.2.2 Estructura vertical: este tipo de análisis permite caracterizar la asociación de Colorado con el fin de conocer la homogeneidad o heterogeneidad de la cobertura vegetal según todos los árboles que la conforman y la estratificación que presenta el bosque.

Estratificación Ogawa: de acuerdo al esquema obtenido al graficar las alturas comerciales frente a las alturas totales se pueden determinar la presencia de dos estratos arbóreos, el primero de estos está definido por un rango de altura entre los 3m a 11m., el segundo se ubica por encima del anterior con alturas entre 7m y 15m de altura. En la gráfica es posible observar sobre la esquina superior

derecha, la presencia de algunos puntos dispersos que corresponden a individuos emergentes que alcanzan alturas de 15 metros.

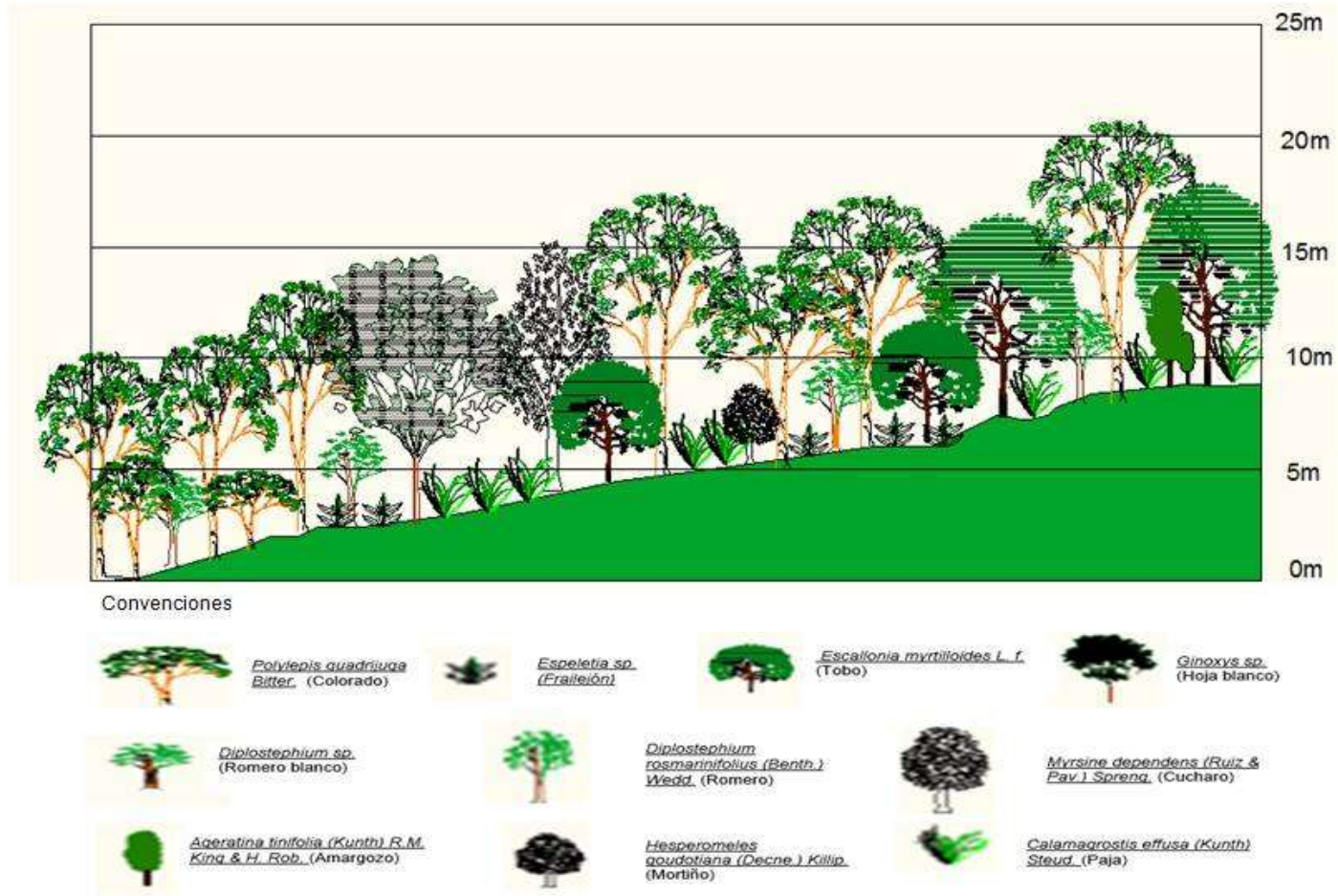
Figura 28. Estratificación Ogawa.



Estructura vertical - método cualitativo – perfil: el perfil presenta la distribución estratificada de la cobertura objeto de estudio la cual se desarrolla sobre una línea de 50m en la cual se ubican los arboles presentes, para este caso se encontraron ocho especies arbóreas siendo la de mayor abundancia el Colorado, además se ubicaron en el perfil dos especies de porte bajo como lo son *Espeletia sp* y *Camalagrostis sp*.

El siguiente esquema detalla la situación expuesta:

Figura 29. Perfil lateral del área de estudio.



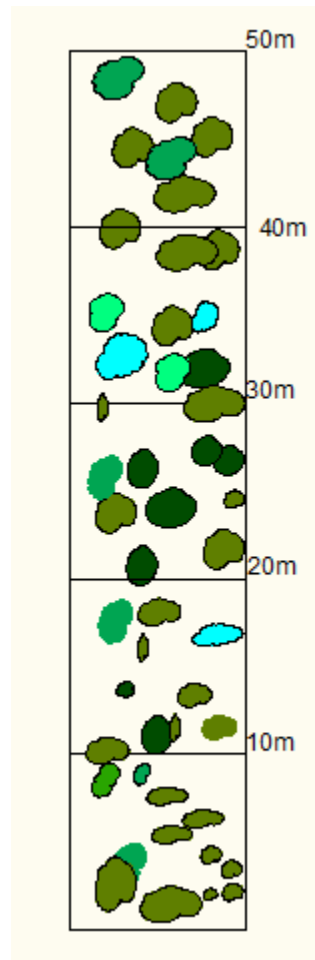
En figura 30 se observa un perfil lateral de un relicto de bosque de Colorado en el sector conocido como “El Rancho”.

Figura 30. Perfil lateral en bosques de Colorado



Perfil superior: la ocupación que presentan las copas representa aproximadamente el 60% del área evaluada. La figura 31 presenta esta distribución en planta.

Figura 31. Perfil superior.



En la figura 32 se puede observar como las copas de la especie Colorado se entremezclan formando una cobertura densa, Como se puede observar las copas de la especie son pequeñas en gran medida se presentan dos o más por cada individuo debido a la alta presencia de bifurcación y polifurcación.

Figura 32. Copas de árboles de Colorado.



6.2.3 Parámetros estructurales. De una manera general, una distribución diamétrica es el resultado de agrupar los árboles de un rodal dentro de ciertos intervalos de diámetros normales. Al determinar el número de árboles por clase diamétrica se obtiene la frecuencia de árboles.

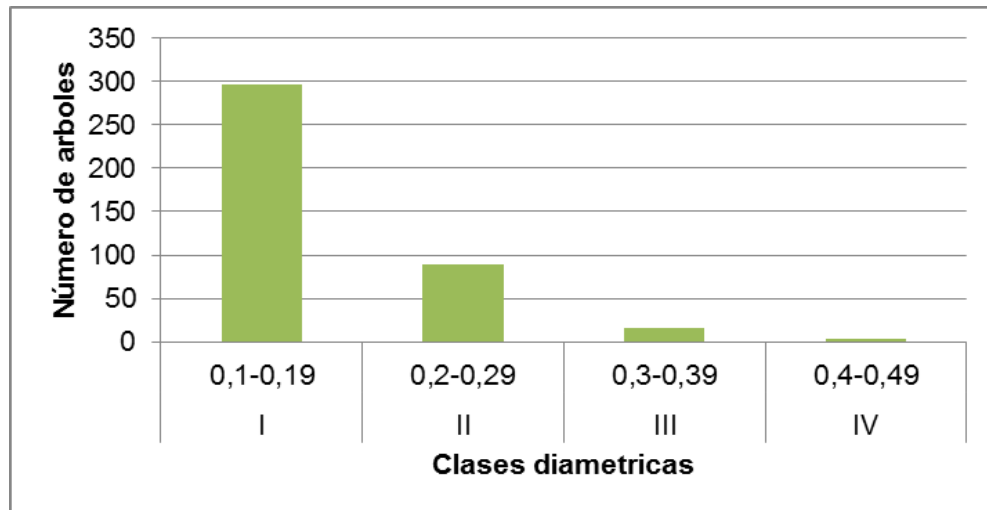
Para los bosques de Colorado se encuentra la siguiente distribución diamétrica (cuadro 11).

Cuadro 11. Número de árboles por clase diamétrica.

Clase diamétrica	Rango	N. Arboles
I	0,1-0,19	296
II	0,2-0,29	89
III	0,3-0,39	15
IV	0,4-0,49	3

La información anterior se representa en la figura 33

Figura 33. Clases diamétricas.



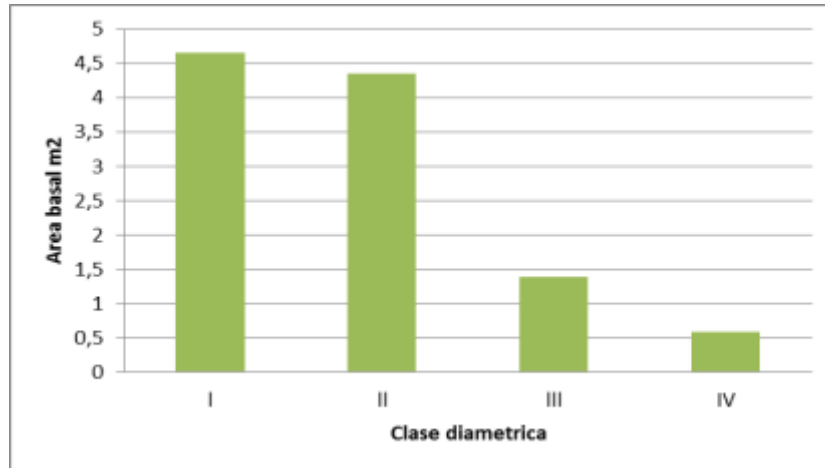
Según Phillips 1982¹⁹, es evidente que la razón constante del decrecimiento del número de árboles junto con el aumento del diámetro es una característica fundamental de la irregularidad del bosque, la que proporciona la base para el concepto de normalidad del bosque irregular.

La situación descrita permite afirmar que se trata de un bosque irregular. Entiéndase por bosque irregular una mezcla de pequeñas parcelas de árboles coetáneos.

6.2.3.1 Distribución del área basal por clase diamétrica: de acuerdo con la figura para el área inventariada se hallaron 10,989m² de área basal, la clase I presenta el 42% del total de área abarcada por los árboles, el aumento en área basal es consecuente con el orden de las clases, la clase II representa el 39,63% con 4,35 m².

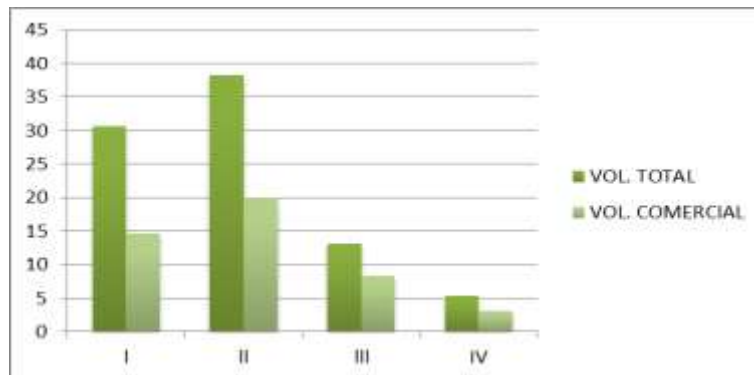
¹⁹ CORDERO, Hernando. Notas de clase: Ordenación de bosques, 2015. 74p

Figura 34. Distribución del área basal por clase diamétricas.



Distribución del volumen y comercial por clase diamétrica: según los resultados se obtuvo 87,416 m³ de volumen total de los cuales la clase I representa un valor con el 35, 06% equivalente a 30,65 m³; la clase II ocupa un porcentaje superior con un dato de 43,81% el cual es proporcional para los 38,30m³ de masa forestal ocupada en el bosque en esta clase.

Figura 35. Distribución de volumen por clase diamétrica.



6.2.4 Diversidad: la diversidad del ecosistema puede definirse como la diversidad genética, la diversidad de las especies, la diversidad de los hábitats y la diversidad de los procesos funcionales que mantienen sistemas complejos. (ODUM E. 2006).

Coeficiente de mezcla: el valor que tomo la cobertura boscosa objeto de estudio es de 0,029 el cual indica alta homogeneidad en este ecosistema este dato es el resultado de establecer una proporción ente el número de especies y el número de individuos evaluados.

Índice de Simpson: teniendo en cuenta que la especie dominante es el Colorado *Polylepis qadrijuga Bitter* , se calculó el índice de Simpson con el fin de conocer la probabilidad de que al tomar dos individuos al azar y estos pertenezcan a esta misma especie, el índice hallado es de 0,6 indicando para la especie alta dominación y baja diversidad en el ecosistema.

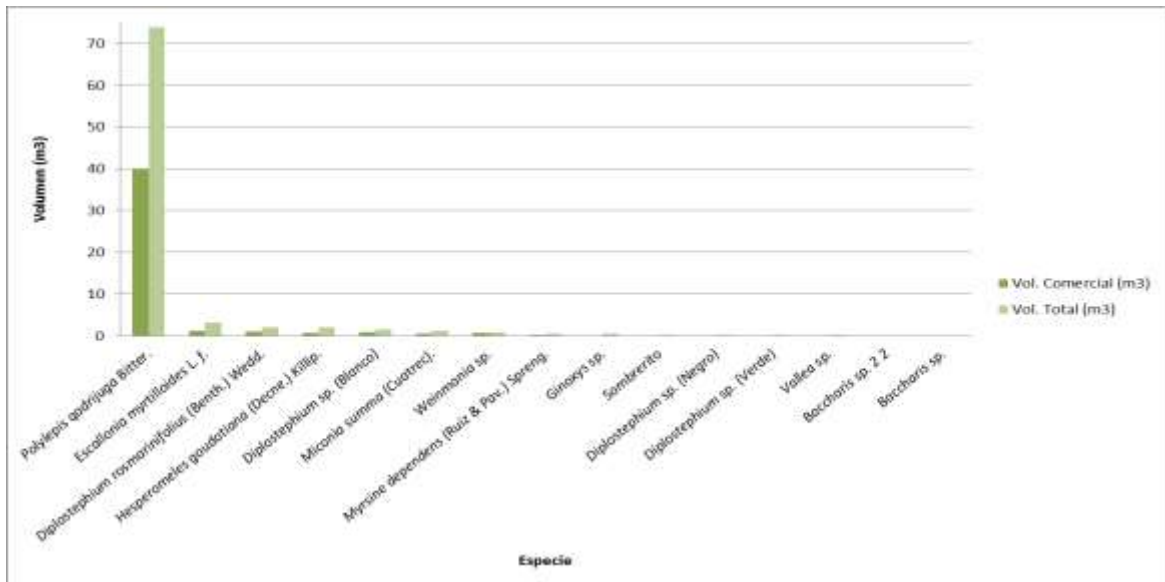
Índice de Margalef: se encontró un índice de 1,834 lo cual determina una baja diversidad del ecosistema evaluado, esto debido al alto nivel de asociación de la especie.

Índice de Shannon-Wiener: este índice se deriva de la teoría informativa y representa un tipo de formulación ampliamente utilizado para evaluar la complejidad y contenido de información de todos tipos de ecosistemas. Para el ecosistema de Bosque de Colorado *Polylepis qadrijuga Bitter* se encontró un índice de 1,063 lo que representa alta dominación y baja diversidad.

6.2.5 Análisis volumétrico: a continuación se presenta el cálculo de volumen comercial y total para cada especie inventariada y proyectada a una hectárea.

Volumen por especie – fustales: la especie que notablemente aporta la mayor parte de masa forestal en la cobertura objeto de estudio es el Colorado *Polylepis qadrijuga Bitter*, representada por los 403 individuos en pie evaluados y en base a los cuales se calculó el volumen con el factor de forma de 0,682 (figura 36 y cuadro 12).

Figura 36. Volumen comercial y total por especie.



Cuadro 12. Volumen comercial y total por especie

Especie	Vol. Comercial (m³)	Vol. Total (m³)
<u><i>Polylepis qadrijuqa Bitter.</i></u>	39,889	73,900
<u><i>Escallonia myrtilloides L. f.</i></u>	1,172	3,158
<u><i>Diplostephium rosmarinifolius (Benth.) Wedd.</i></u>	1,138	2,126
<u><i>Hesperomeles goudotiana (Decne.) Killip.</i></u>	0,714	2,100
<u><i>Diplostephium sp. (Blanco)</i></u>	0,892	1,513
<u><i>Miconia summa (Cuatrec).</i></u>	0,535	1,269
<u><i>Weinmania sp.</i></u>	0,711	0,854
<u><i>Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.</i></u>	0,280	0,593
<u><i>Ginoxys sp.</i></u>	0,168	0,512
<u><i>Sombrerito</i></u>	0,159	0,302
<u><i>Diplostephium sp. (Negro)</i></u>	0,150	0,296
<u><i>Diplostephium sp. (Verde)</i></u>	0,125	0,273
<u><i>Vallea sp.</i></u>	0,091	0,231
<u><i>Baccharis sp. 2</i></u>	0,014	0,097
<u><i>Baccharis sp.</i></u>	0,010	0,077
Total	46,143	87,416

Como se observa la especie que aporta la mayor cantidad de masa forestal al bosque es el Colorado *Polylepis qadrijuqa Bitter* con un porcentaje de 84,54%, la especie Tobo *Escallonia myrtilloides L. f* que alcanza un porcentaje de 3,61% significativamente menor al anterior.

6.2.6 Regeneración natural: se presenta la información correspondiente a la regeneración natural de los bosques de *Polylepis qadrijuqa Bitter* basados en la información recolectada en campo sobre 30 subparcelas de dimensiones 5mX5m, donde se levantó información correspondiente a latizales con diámetros inferiores a los 10cm, y 30 subparcelas adicionales de 2mX2m donde se revisó información de brinzales y renuevos de las especies presentes en el sotobosque. Para el análisis de dicha información se tomaron dos criterios de representatividad

ecológica como lo son la abundancia y frecuencia de cada especie y su correspondiente valor relativo como se muestra en los cuadros 13, 14 y 15.

Cuadro 13. Tabla resumen de regeneración natural del bosque Latizal.

Nombre Común	Familia	Género	Nombre Científico	Latizal			
				Abundancia	Abundancia Relativa	Frecuencia	Frecuencia Relativa
Romero	Asteraceae	Diplostephium	<u><i>Diplostephium rosmarinifolius</i> (Benth.) Wedd.</u>	3,000	1,923	13,333	4,938
Tobo	Escalloniaceae	Escallonia	<u><i>Escallonia myrtilloides</i> L. f.</u>	1,000	0,641	3,333	1,235
Cadillo	Rosaceae	Acaena	<u><i>Acaena elongata</i> L. sp.</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Amargoso	Asteraceae	Ageratina	<u><i>Ageratina tinifolia</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.</u>	11,000	7,051	20,000	7,407
NN	Asteraceae	Espeletia	<u><i>Espeletia</i> sp.</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Bacharis	Asteraceae	Baccharis	<u><i>Baccharis</i> sp.</u>	6,000	3,846	13,333	4,938
Espino	Berberidaceae	Berberis	<u><i>Berberis goudotii</i> Triana & Planch.</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Helecho	Blechnaceae	Blechnum	<u><i>Blechnum</i> sp.</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Paja	Poaceae	Calamagrostis	<u><i>Calamagrostis effusa</i> (Kunth) Steud.</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Maicitos	Scrophulariaceae	Calceolaria	<u><i>Calceolaria microbefaria</i> Kraenzl.</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Caña	Poaceae	Chusquea	<u><i>Chusquea</i> sp.1</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Chusque	Poaceae	Chusquea	<u><i>Chusquea</i> sp.2</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Cortadera	Poaceae	Cortaderia	<u><i>Cortaderia nitida</i> (Kunth) Pilg.</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Cortadera pequeña	Poaceae	Cortaderia	<u><i>Cortaderia</i> sp.1</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Romero	Asteraceae	Diplostephium	<u><i>Diplostephium revolutum</i> S.F. Blake.</u>	2,000	1,282	3,333	1,235
Romero	Asteraceae	Diplostephium	<u><i>Diplostephium</i> sp.</u>	3,000	1,923	10,000	3,704
Reventadera	Ericaceae	Gaultheria	<u><i>Gaultheria rigida</i></u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Hoja Blanco	Asteraceae	Ginoxys	<u><i>Ginoxys</i> sp.</u>	22,000	14,103	30,000	11,111

Cuadro 13. (Continuación)

Nombre Común	Familia	Género	Nombre Científico	Latizal			
				Abundancia	Abundancia Relativa	Frecuencia	Frecuencia Relativa
Mortiño	Rosaceae	Hesperomeles	<i>Hesperomeles goudotiana</i> (Decne.) Killip.	8,000	5,128	16,667	6,173
Chocho	Fabaceae	Lupinus	<i>Lupinus sp.</i>	4,000	2,564	6,667	2,469
Vara negro	Melastomataceae	Miconia	<i>Miconia salicifolia</i> (Bonpl ex Naudin) Naudin.	8,000	5,128	20,000	7,407
Tuno	Melastomataceae	Miconia	<i>Miconia summa</i> (Cuatrec).	16,000	10,256	26,667	9,877
Azulejo	Poligalaceae	Monnina	<i>Monnina sp.</i>	3,000	1,923	6,667	2,469
Cucharo	Myrsinaceae	Myrsine	<i>Myrsine dependens</i> (Ruiz & Pav.) Spreng.	17,000	10,897	26,667	9,877
Espadilla	Iridaceae	<i>Orthrosanthus</i>	<i>Orthrosanthus chimboracensis</i> (Kunth) Baker	0,000	0,000	0,000	0,000
Vinagrera	<u>Oxalidaceae</u>	Oxalis	<i>Oxalis sp.</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Plantago	<u>Plantaginaceae</u>	Plantago	<i>Plantago sp.</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Colorado	Rosaceae	Polylepis	<i>Polylepis gadrijuga</i> Bitter.	46,000	29,487	56,667	20,988
Puya	<u>Bromeliaceae</u>	Puya	<i>Puya nitida</i> Mez	0,000	0,000	0,000	0,000
Moritas	Rosaceae	Rubus	<i>Rubus sp.</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Romasilla	<u>Polygonaceae</u>	Rumex	<i>Rumex sp.</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Tinto	SF1	SG1	<i>Sp.1</i>	1,000	0,641	3,333	1,235
NN2	SF2	SG2	<i>Sp.10</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
NN3	SF3	SG3	<i>Sp.11</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Cola de caballo	SF5	SG5	<i>Sp.13</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Triangulo	SF6	SG6	<i>Sp.14</i>	0,000	0,000	0,000	0,000

Cuadro 13. (Continuación)

Nombre Común	Familia	Género	Nombre Científico	Latizal			
				Abundancia	Abundancia Relativa	Frecuencia	Frecuencia Relativa
Tutano	SF7	SG7	<u>Sp.2</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Liberal	SF8	SG8	<u>Sp.3</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Jeripa	SF9	SG9	<u>Sp.4</u>	1,000	0,641	3,333	1,235
Liana	SF10	SG10	<u>Sp.5</u>	2,000	1,282	3,333	1,235
Regen	SF11	SG11	<u>Sp.6</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Poa	SF12	SG12	<u>Sp.7</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Herbacea	SF13	SG13	<u>Sp.8</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Varilla	SF14	SG14	<u>Sp.9</u>	1,000	0,641	3,333	1,235
Tutano	SF15	SG15	<u>Sp.2.</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Ortiga	SF16	Urtica	<u>Urtica sp.</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Raco	Elaeocarpaceae	Vallea	<u>Vallea sp.</u>	1,000	0,641	3,333	1,235
Encenillo	Cunnoniaceae	Weinmannia	<u>Weinmannia sp.</u>	0	0	0	0
Total				156	100	270	100

SF: Sin clasificar familia.

SG: Sin clasificar género.

Cuadro 14. Tabla resumen de regeneración natural del bosque Brinzal.

Nombre Común	Familia	Género	Nombre Científico	Brinzal			
				Abundancia	Abundancia Relativa	Frecuencia	Frecuencia Relativa
Romero	Asteraceae	Diplostephium	<i>Diplostephium rosmarinifolius</i> (Benth.) Wedd.	1,000	0,730	3,333	0,758
Tobo	Escalloniaceae	Escallonia	<i>Escallonia myrtilloides</i> L. f.	0,000	0,000	0,000	0,000
Cadillo	Rosaceae	Acaena	<i>Acaena elongata</i> L. sp.	1,000	0,730	3,333	0,758
Amargoso	Asteraceae	Ageratina	<i>Ageratina tinifolia</i> (Kunth) R.M. King & H. Rob.	7,000	5,109	23,333	5,303
NN	Asteraceae	Espeletia	<i>Espeletia</i> sp.	0,000	0,000	0,000	0,000
Baccharis	Asteraceae	Baccharis	<i>Baccharis</i> sp.	7,000	5,109	23,333	5,303
Espino	Berberidaceae	Berberis	<i>Berberis goudotii</i> Triana & Planch.	2,000	1,460	6,667	1,515
Helecho	Blechnaceae	Blechnum	<i>Blechnum</i> sp.	6,000	4,380	20,000	4,546
Paja	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis effusa</i> (Kunth) Steud.	1,000	0,730	3,333	0,758
Maicitos	Scrophulariaceae	Calceolaria	<i>Calceolaria microbefaria</i> Kraenzl.	4,000	2,920	13,320	3,027
Caña	Poaceae	Chusquea	<i>Chusquea</i> sp.1	2,000	1,460	6,667	1,515
Chusque	Poaceae	Chusquea	<i>Chusquea</i> sp.2	5,000	3,650	16,667	3,788
Cortadera	Poaceae	Cortaderia	<i>Cortaderia nitida</i> (Kunth) Pilg.	1,000	0,730	3,333	0,758
Cortadera pequeña	Poaceae	Cortaderia	<i>Cortaderia</i> sp.1	3,000	2,190	10,000	2,273
Romero	Asteraceae	Diplostephium	<i>Diplostephium revolutum</i> S.F. Blake.	2,000	1,460	6,667	1,515
Romero	Asteraceae	Diplostephium	<i>Diplostephium</i> sp.	5,000	3,650	10,000	2,273
Reventadera	Ericaceae	Gaultheria	<i>Gaultheria rigida</i>	2,000	1,460	6,667	1,515
Hoja Blanco	Asteraceae	Ginoxys	<i>Ginoxys</i> sp.	19,000	13,869	56,667	12,879

Cuadro 14. (Continuación)

Nombre Común	Familia	Género	Nombre Científico	Brinzal			
				Abundancia	Abundancia Relativa	Frecuencia	Frecuencia Relativa
Mortiño	Rosaceae	Hesperomeles	<i>Hesperomeles goudotiana (Decne.) Killip.</i>	6,000	4,380	20,000	4,546
Chocho	Fabaceae	Lupinus	<i>Lupinus sp.</i>	1,000	0,730	3,333	0,758
Vara negro	Melastomataceae	Miconia	<i>Miconia salicifolia (Bonpl ex Naudin) Naudin.</i>	3,000	2,190	10,000	2,273
Tuno	Melastomataceae	Miconia	<i>Miconia summa (Cuatrec.)</i>	5,000	3,650	16,667	3,788
Azulejo	Poligalaceae	Monnina	<i>Monnina sp.</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Cucharo	Myrsinaceae	Myrsine	<i>Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.</i>	7,000	5,109	23,333	5,303
Espadilla	Iridaceae	<i>Orthrosanthus</i>	<i>Orthrosanthus chimboracensis (Kunth) Baker</i>	4,000	2,920	13,333	3,030
Vinagrera	<u>Oxalidaceae</u>	Oxalis	<i>Oxalis sp.</i>	2,000	1,460	6,667	1,515
Plantago	<u>Plantaginaceae</u>	Plantago	<i>Plantago sp.</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Colorado	Rosaceae	Polylepis	<i>Polylepis qadrijuqa Bitter.</i>	10,000	7,299	33,333	7,576
Puya	<u>Bromeliaceae</u>	Puya	<i>Puya nitida Mez</i>	1,000	0,730	3,333	0,758
Moritas	Rosaceae	Rubus	<i>Rubus sp.</i>	3,000	2,190	10,000	2,273
Romasilla	<u>Polygonaceae</u>	Rumex	<i>Rumex sp.</i>	2,000	1,460	6,667	1,515
Tinto	SF1	SG1	<i>Sp.1</i>	7,000	5,109	23,333	5,303
NN2	SF2	SG2	<i>Sp.10</i>	2,000	1,460	6,667	1,515
NN3	SF3	SG3	<i>Sp.11</i>	3,000	2,190	10,000	2,273
Cola de caballo	SF5	SG5	<i>Sp.13</i>	1,000	0,730	3,333	0,758
Triangulo	SF6	SG6	<i>Sp.14</i>	1,000	0,730	3,333	0,758

Cuadro 14. (Continuación)

Nombre Común	Familia	Género	Nombre Científico	Brinzal			
				Abundancia	Abundancia Relativa	Frecuencia	Frecuencia Relativa
Tutano	SF7	SG7	<u>Sp.2</u>	1,000	0,730	3,333	0,758
Liberal	SF8	SG8	<u>Sp.3</u>	2,000	1,460	6,667	1,515
Jeripa	SF9	SG9	<u>Sp.4</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Liana	SF10	SG10	<u>Sp.5</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Regen	SF11	SG11	<u>Sp.6</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Poa	SF12	SG12	<u>Sp.7</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Herbacea	SF13	SG13	<u>Sp.8</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Varilla	SF14	SG14	<u>Sp.9</u>	1,000	0,730	3,333	0,758
Tutano	SF15	SG15	<u>Sp2.</u>	1,000	0,730	3,333	0,758
Ortiga	SF16	Urtica	<u>Urtica sp.</u>	1,000	0,730	3,333	0,758
Raco	Elaeocarpaceae	Vallea	<u>Vallea sp.</u>	3,000	2,190	10,000	2,273
Encenillo	Cunnoniaceae	Weinmannia	<u>Weinmannia sp.</u>	2	1,459	3,333	0,757
Total				137	100	439,987	100

SF: Sin clasificar familia.

SG: Sin clasificar género.

Cuadro 15. Resumen de regeneración natural de renuevos.

Nombre Común	Familia	Género	Nombre Científico	Renuevos			
				Abundancia	Abundancia Relativa	Frecuencia	Frecuencia Relativa
Romero	Asteraceae	Diplostephium	<i>Diplostephium rosmarinifolius (Benth.) Wedd.</i>	2,000	1,770	10,000	2,778
Tobo	Escalloniaceae	Escallonia	<i>Escallonia myrtilloides L. f.</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Cadillo	Rosaceae	Acaena	<i>Acaena elongata L. sp.</i>	1,000	0,885	3,333	0,926
Amargoso	Asteraceae	Ageratina	<i>Ageratina tinifolia (Kunth) R.M. King & H. Rob.</i>	4,000	3,540	10,000	2,778
NN	Asteraceae	Espeletia	<i>Espeletia sp.</i>	1,000	0,885	3,333	0,926
Bacharis	Asteraceae	Baccharis	<i>Baccharis sp.</i>	2,000	1,770	6,667	1,852
Espino	Berberidaceae	Berberis	<i>Berberis goudotii Triana & Planch.</i>	2,000	1,770	6,667	1,852
Helecho	Blechnaceae	Blechnum	<i>Blechnum sp.</i>	6,000	5,310	20,000	5,556
Paja	Poaceae	Calamagrostis	<i>Calamagrostis effusa (Kunth) Steud.</i>	2,000	1,770	3,333	0,926
Maicitos	Scrophulariaceae	Calceolaria	<i>Calceolaria microbefaria Kraenzl.</i>	1,000	0,000	3,330	0,935
Caña	Poaceae	Chusquea	<i>Chusquea sp.1</i>	1,000	0,885	3,333	0,926
Chusque	Poaceae	Chusquea	<i>Chusquea sp.2</i>	2,000	1,770	3,333	0,926
Cortadera	Poaceae	Cortaderia	<i>Cortaderia nitida (Kunth) Pilg.</i>	1,000	0,885	3,333	0,926
Cortadera pequeña	Poaceae	Cortaderia	<i>Cortaderia sp.1</i>	4,000	3,540	13,333	3,704
Romero	Asteraceae	Diplostephium	<i>Diplostephium revolutum S.F. Blake.</i>	1,000	0,885	0,000	0,000
Romero	Asteraceae	Diplostephium	<i>Diplostephium sp.</i>	1,000	0,885	3,333	0,926
Reventadera	Ericaceae	Gaultheria	<i>Gaultheria rigida</i>	2,000	1,770	6,667	1,852
Hoja Blanco	Asteraceae	Ginoxys	<i>Ginoxys sp.</i>	19,000	16,814	56,667	15,741

Cuadro 15. (Continuación)

Nombre Común	Familia	Género	Nombre Científico	Renuevos			
				Abundancia	Abundancia Relativa	Frecuencia	Frecuencia Relativa
Mortiño	Rosaceae	Hesperomeles	<i>Hesperomeles goudotiana (Decne.) Killip.</i>	5,000	4,425	16,667	4,630
Chocho	Fabaceae	Lupinus	<i>Lupinus sp.</i>	1,000	0,885	3,333	0,926
Vara negro	Melastomataceae	Miconia	<i>Miconia salicifolia (Bonpl ex Naudin) Naudin.</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Tuno	Melastomataceae	Miconia	<i>Miconia summa (Cuatrec.)</i>	1,000	0,885	3,333	0,926
Azulejo	Poligalaceae	Monnina	<i>Monnina sp.</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Cucharo	Myrsinaceae	Myrsine	<i>Myrsine dependens (Ruiz & Pav.) Spreng.</i>	2,000	1,770	6,667	1,852
Espadilla	Iridaceae	<i>Orthrosanthus</i>	<i>Orthrosanthus chimboracensis (Kunth) Baker</i>	4,000	3,540	13,333	3,704
Vinagrera	<u>Oxalidaceae</u>	Oxalis	<i>Oxalis sp.</i>	13,000	11,504	40,000	11,111
Plantago	<u>Plantaginaceae</u>	Plantago	<i>Plantago sp.</i>	1,000	0,885	3,333	0,926
Colorado	Rosaceae	Polylepis	<i>Polylepis gadrijuca Bitter.</i>	9,000	7,965	30,000	8,333
Puya	<u>Bromeliaceae</u>	Puya	<i>Puya nitida Mez</i>	0,000	0,000	0,000	0,000
Moritas	Rosaceae	Rubus	<i>Rubus sp.</i>	1,000	0,885	3,333	0,926
Romasilla	<u>Polygonaceae</u>	Rumex	<i>Rumex sp.</i>	3,000	2,655	10,000	2,778
Tinto	SF1	SG1	<i>Sp.1</i>	4,000	3,540	13,333	3,704
NN2	SF2	SG2	<i>Sp.10</i>	1,000	0,885	3,333	0,926
NN3	SF3	SG3	<i>Sp.11</i>	2,000	1,770	6,667	1,852
Cola de caballo	SF5	SG5	<i>Sp.13</i>	1,000	0,885	3,333	0,926
Triangulo	SF6	SG6	<i>Sp.14</i>	0,000	0,000	0,000	0,000

Cuadro 15. (Continuación)

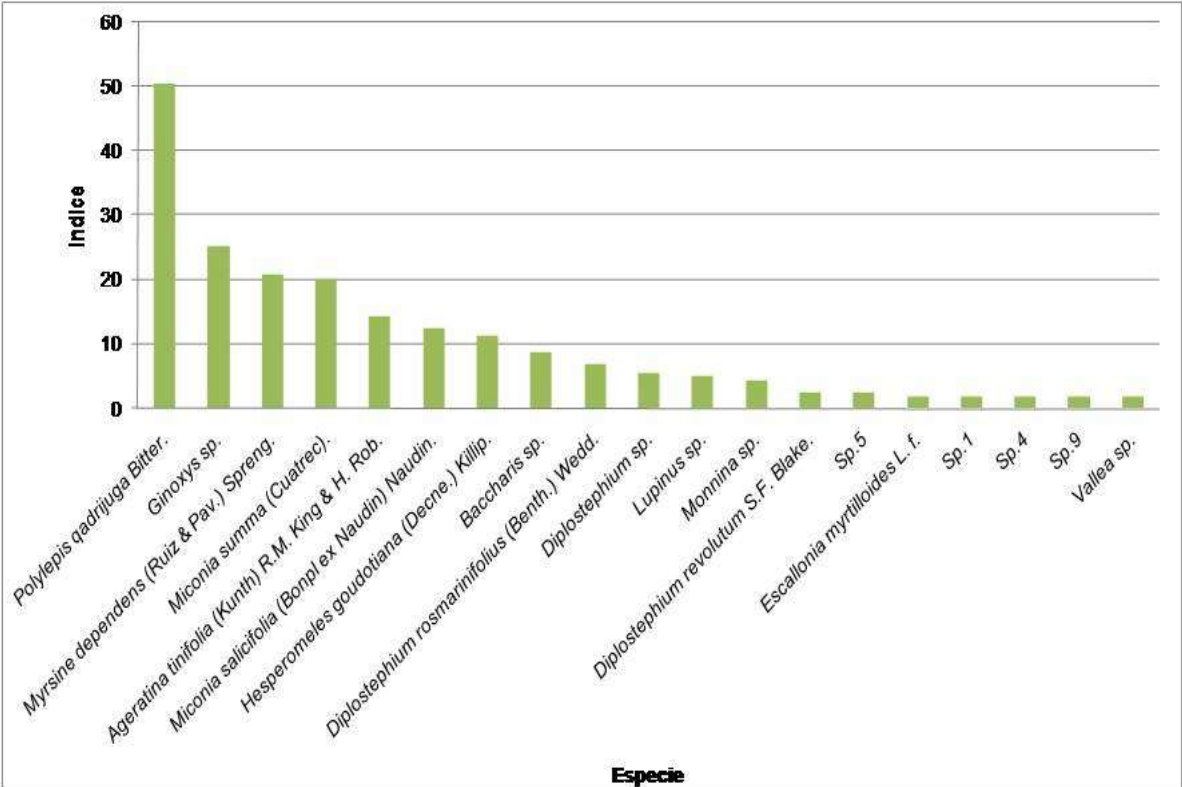
Nombre Común	Familia	Género	Nombre Científico	Renuevos			
				Abundancia	Abundancia Relativa	Frecuencia	Frecuencia Relativa
Tutano	SF7	SG7	<u>Sp.2</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Liberal	SF8	SG8	<u>Sp.3</u>	1,000	0,885	3,333	0,926
Jeripa	SF9	SG9	<u>Sp.4</u>	1,000	0,885	3,333	0,926
Liana	SF10	SG10	<u>Sp.5</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Regen	SF11	SG11	<u>Sp.6</u>	1,000	0,885	3,333	0,926
Poa	SF12	SG12	<u>Sp.7</u>	2,000	1,770	6,667	1,852
Herbacea	SF13	SG13	<u>Sp.8</u>	2,000	1,770	6,667	1,852
Varilla	SF14	SG14	<u>Sp.9</u>	2,000	1,770	6,667	1,852
Tutano	SF15	SG15	<u>Sp2.</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Ortiga	SF16	Urtica	<u>Urtica sp.</u>	0,000	0,000	0,000	0,000
Raco	Elaeocarpaceae	Vallea	<u>Vallea sp.</u>	5,000	4,425	16,667	4,630
Encenillo	Cunnoniaceae	Weinmannia	<u>Weinmannia sp.</u>	0	0	0	0
Total				114	100	359,997	100

SF: Sin clasificar familia.

SG: Sin clasificar género.

Latizales: los individuos registrados en la categoría de latizales corresponden a la categoría inmediatamente inferior al fustal, ubicando a estos como los individuos que a corto plazo se ubicaran como masa forestal del mismo, para el caso objeto de estudio se presentaron los siguientes resultados desde el punto de vista de abundancia y frecuencia:

Figura 37. Índice de representatividad de las especies en la categoría Latizal.



El dato llamado “índice” se obtuvo al sumar los valores relativos de abundancia y frecuencia siendo la sumatoria de estos 200. En el gráfico anterior se presentan las especies con algún grado de participación en la categoría de Latizal, siendo la más importante la especie dominante Colorado *Polylepis quadrijuga Bitter* ocupando el máximo valor indicado. El hoja blanco *Ginoxys sp.* Alcanza la mitad del valor ocupado por el Colorado, seguido por el Cucharero *Myrsine depensens.*

El valor ocupado por el Tobo *Escallonia myrtilloides* es muy inferior (1,876) el cual al ser comparado con las tablas de importancia de fustales en las cuales ocupó el segundo valor de importancia, esto indica un bajo nivel de regeneración y dominancia en el latizal el cual no garantiza la presencia a futuro de esta especie en el bosque.

Brinzales: se encontraron 39 especies en la categoría Brinzal representando así las especies que no alcanzan una formación leñosa y que ocupan una categoría donde los individuos se ubican entre 10 y 150 cm de altura y se registran dentro de las subparcelas de 2x2 m, establecidas en el inventario desarrollado.

Figura 38. Principales especies de brinzales.



a) *Ageratina tinitifolia* (Amargoso)
c) *Chusquea sp2.*

b) *Diplostephium revolutum* (Romero)
d) *Diplostephium sp.* (Romero verde)

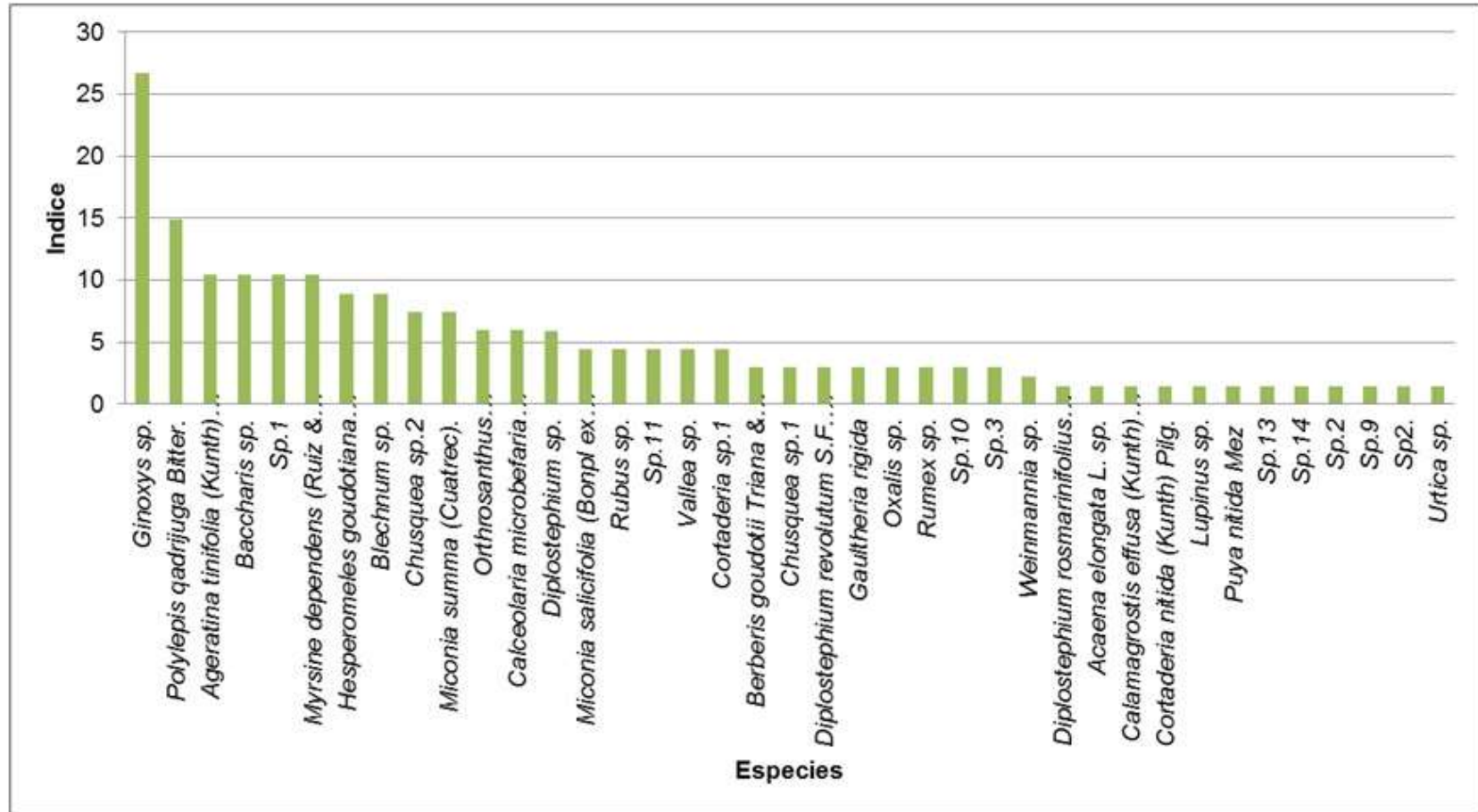
La especie que domino la categoría analizada es el Hoja blanco *Ginoxys sp.* la cual es propia de ecosistemas altoandinos y de alturas superiores .caracterizada por sus hojas blanquecinas y presencia en la mayoría de parcelas evaluadas.

En la figura 39 se aprecia la notable dominancia del Hoja blanco sobre la especie objeto de estudio. Uno de los factores que se pudieron identificar durante el levantamiento de las parcelas de muestreo fue un grado alto de intervención sobre la regeneración de los bosques debido al pisoteo y pastoreo del ganado, los bosques de *Polylepis qadrijuqa Bitter* en la zona se ubican alrededor de zonas ganaderas lo cual limita en gran medida el desarrollo de los renuevos de las diferentes especies presentes en el sotobosque (figura 40).

Figura 39. *Gynoxis* sp (hoja blanco)



Figura 40. Índice de representatividad del brinjal.



Renuevos: con el fin de detallar la estructura del bosque se registraron los individuos encontrados en un intervalo de altura de 0-30cm, con dicha información fue posible generar la siguiente grafica que corresponde a las especies (X) y a la sumatoria de la abundancia y frecuencia relativas para cada especie (Y).

La especie que dominó en la categoría es nuevamente el hoja blanco afirmando el alto nivel de asociación de esta especie con el Colorado, una especie que fue encontrada frecuentemente y con alta abundancia es la vinagrera Oxalis sp, es una especie común en ecosistemas de paramo, dicha especie es rastrera y desarrolla tallos de color rojo (figuras 41 y 42).

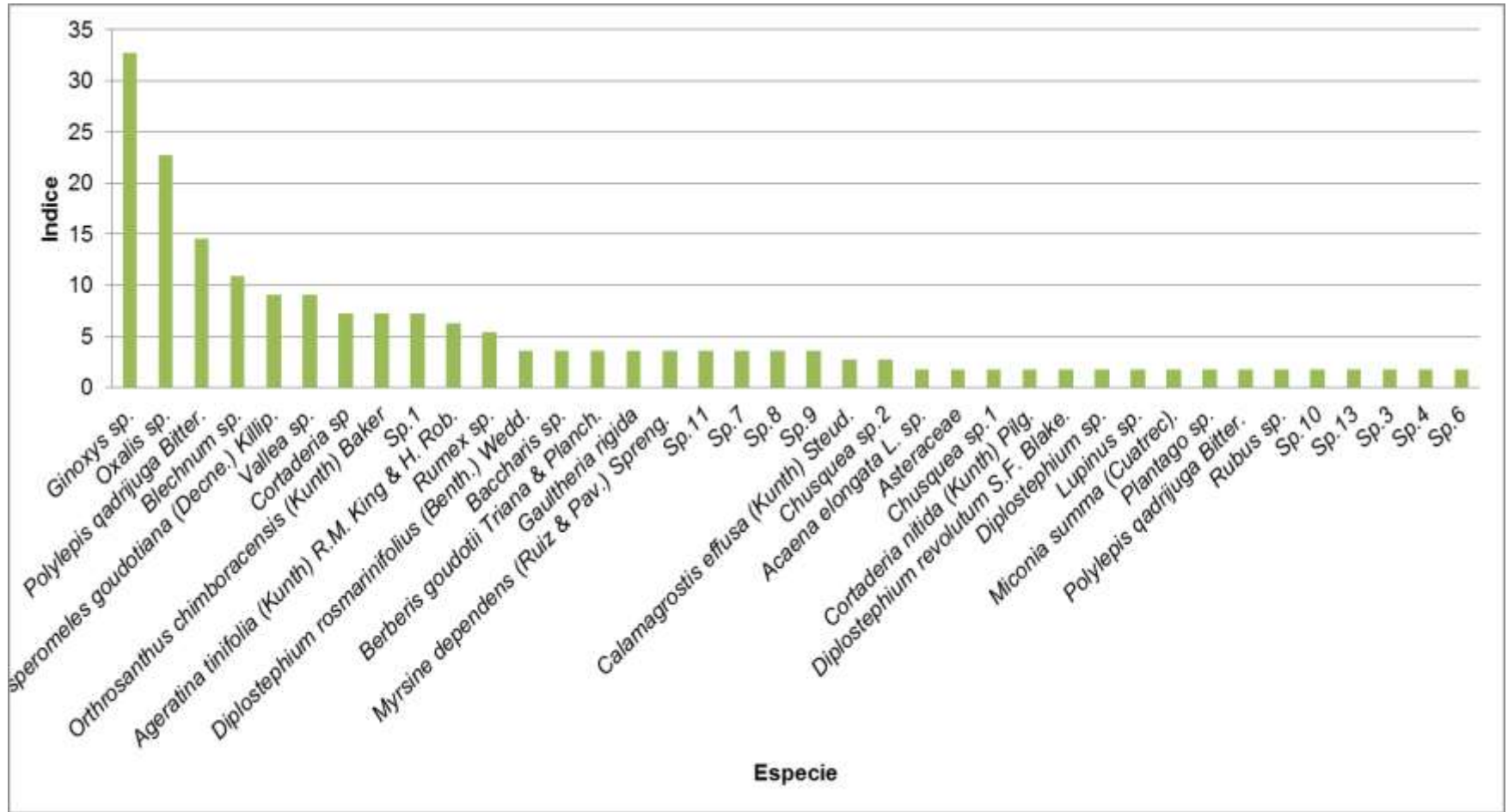
Figura 41. Renuevos.



a) Gynoxis sp (Hoja blanco)
c) Polylepis qadrijuqa Bitter(Colorado)

b) Oxalis sp (Vinagrera)
d) Cortaderia sp (Cortadera)

Figura 42. Índice de representatividad de las especies presentes en los renuevos.



La presencia de claros al interior del bosque permite el desarrollo de los renuevos de Colorado en mayor proporción que en espacios donde el dosel superior se presenta de manera densa; en la figura 41 es posible reconocer este efecto.

Factores que afectan la regeneración natural del bosque: la regeneración natural evidentemente está siendo afectada por factores externos al bosque como lo son la fuerte presión sobre los suelos para el avance de la frontera agrícola, debido a que en la zona se desarrollan procesos de tipo agrícola los cuales se ejecutan en áreas de bordes a la cobertura boscosa, la ganadería afecta considerablemente los renuevos y brinzales debido al pisoteo el cual no solo deteriora la parte vegetal sino también compacta el suelo impidiendo así los procesos de germinación. La tala de árboles al interior del bosque crea la fragmentación de parches boscosos, importantes en el momento de la dispersión de semillas.

Factor de forma: el factor de forma promedio de la especie *Polylepis quadrijuga* *Bitter* (Colorado) es 0,682 (cuadro 16) lo que corresponde a una forma cilíndrica que solo disminuye en diámetro en el extremo más alto y tiene capacidad para extraer una cantidad de madera significativa, pero la baja altura comercial y las ramificaciones entre los tres primeros metros hacen que el árbol no tenga potencia maderable apreciable para industria, sino más bien para leña y postes cortos.

Cuadro 16. Factor de forma del *Polylepis quadrijuga* Bitter (Colorado) .

Árbol	f	Media
1	0,620	0,682
2	0,728	
3	0,709	
4	0,741	
5	0,731	
6	0,620	
7	0,747	
8	0,731	
9	0,556	
10	0,635	

6.3 FAUNA ASOCIADA A LOS BOSQUES DE COLORADO *Polylepis quadrijuga* Bitter²⁰

La microcuenca Aguatendida presenta una gran variedad de fauna, actualmente estas especies se enfrentan a una fuerte presión provocada sobre el recurso suelo para la ampliación de la frontera agrícola, y sobre la vegetación para la obtención de productos maderables.

Se obtuvo la información por medio de información secundaria obtenida a partir de entrevistas a los habitantes de la Microcuenca y artículos de investigación de los cuales se extrajeron imágenes con las cuales fue posible el reconocimiento y clasificación de los mismos; el cuadro 17 muestra las especies presentes y asociadas a los bosques evaluados en dos grupos: mamíferos y aves.

²⁰HERRERA MARTÍNEZ, Yimy; MENESES ORTEGÓN, Luz Andrea. Estudio preliminar de la avifauna asociada a parches de *Polylepis quadrijuga* (Rosaceae) del páramo de La Rusia, Duitama (Boyacá - Colombia). En: Revista Luna Azul. Enero-Junio, 2013. no.36. p.6.

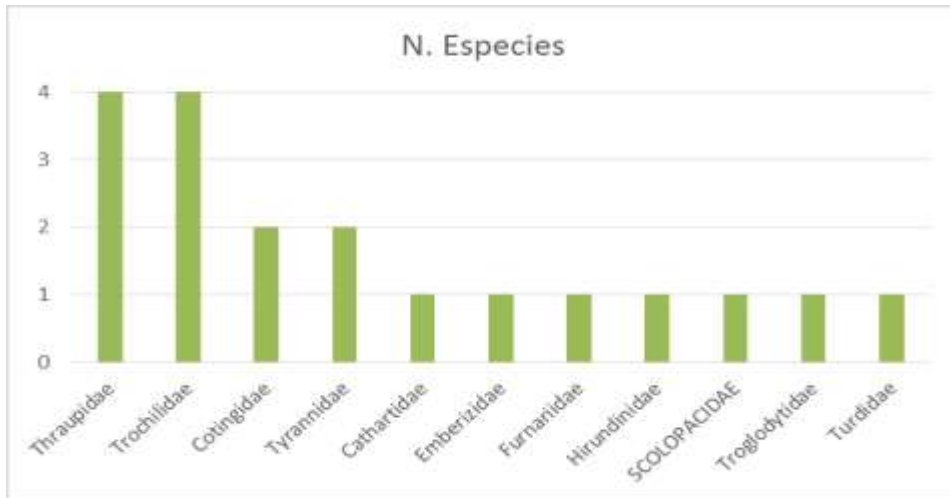
Cuadro 17. Avifauna asociada a los bosques de *Polylepis quadrijuga* Bitter.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Alimentación	Cites	Libros rojos	Res 0912	UICN
Colibrí paramuno	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	Trochilidae	Nectar				LC
Lavadera	<i>Ampelion rubrocristatus</i>	Cotingidae	Frutos, insectos				LC
Tangara ventriescarlata	<i>Anisognathus igniventris</i>	Thraupidae	Frutos, insectos				
Semillero paramuno	<i>Catamenia homochroa</i>	Thraupidae	Semillas				
Lavadera	<i>Conirostrum rufum</i>	Thraupidae	Insectos				
Caica de paramo	<i>Gallinago nobilis</i>	Scolopacidae	Insectos				
Colibri	<i>Lesbia victoriae</i>	Trochilidae	Nectar				LC
Minero triste	<i>Lipaugus fuscocinereus</i>	Cotingidae					LC
Subepalo perlado	<i>Margarornis sqamiger</i>	Furnariidae	Artopodos				LC
Colibri cola verde	<i>Metallura tyrianthina</i>	Trochilidae	Nectar				LC
Chulo	<i>Coragyps atratus</i>	Cathartidae	Carroña				LC
Copeton	<i>Zonotrichia capensis</i>	Emberizidae	Semillas				
Cenicienta	<i>Muscisaxicola alpinus</i>	Tyrannidae	Insectos				
Golondrina	<i>Notiochelidon murina</i>	Hirundinidae	Insectos				LC
Colibri chivito	<i>Oxypogon guerinii</i>	Trochilidae	Nectar				
Gorrion	<i>Phrygilus unicolor</i>	Thraupidae	Semillas				
Cucarachero	<i>Troglodytes solstitialis</i>	Troglodytidae	Insectos				
Mirla	<i>Turdus fuscaster</i>	Turdidae	Frutos, insectos				LC
Copeton pequeño	<i>Mecocerculus sp</i>	Tyrannidae	Frutos				

LC: Preocupación menor.

La avifauna presente en la microcuenca presenta once familias y 19 especies las cuales se encuentran representadas especialmente por la familia *Trochilidae* y *Thraupidae* como se muestra a continuación:

Figura 43. Número de especies de avifauna.



La familia Thraupidae es representada en este caso por las especies correspondientes a *Anisognathus igniventris* (Tangara ventriescarlata), *Catamenia homochroa* (Semillero), *Conirostrum rufum* (Lavadera). La familia Trochilidae se conforma por los colibríes siendo estos la especie más avistada en la zona de estudio. Son aves de pequeño tamaño, con plumajes brillantes y picos delgados, a menudo bien largo. Una de las características más sorprendentes que poseen es la de vuelo suspendido, permaneciendo inmóviles en el aire, con aleteos muy rápidos (hasta 80 por segundo). Las diferentes especies de colibríes se diferencian por los colores del plumaje, por la forma y tamaño del pico (curvo/recto, corto/largo) y por la forma y el tamaño de la cola (ahorquillada/cuadrada, larga/corta). Cada especie tiene, además, una forma característica de vuelo, que se puede aprender a reconocer con práctica.

Para los mamíferos fueron encontradas tan solo algunas especies de las cuales se debe destacar el tinajo ya que posee una categoría de amenaza de la UICN y el venado cola blanca el cual es avistado con frecuencia por los habitantes de la zona, este se encuentra en el Apéndice III en el cual se incluyen especies que están protegidas al menos en un país, el cual ha solicitado la asistencia de otras Partes en la CITES para controlar su comercio. Los cambios en el Apéndice III se efectúan de forma diferente que los cambios a los Apéndices I y II, ya que cada Parte tiene derecho a adoptar enmiendas unilaterales al mismo. El cuadro 18 expone dichas especies.

Cuadro 18. Mamíferos en la zona de influencia de los bosques de Colorado.

Nombre común	Nombre científico	Familia	Cites	Libros rojos	Res 0912	UIC N
Venado Cola blanca	<i>Odocoileus virginianus</i>	Cervidae	Apéndice III Guatemala			LC
Tinajo de paramo	<i>Agouti taczanowskii</i>	Cuniculidae				NT
Ratón de monte	<i>Zygodontomys brevicauda</i>	Cricetidae				LC
Ardilla	<i>Sciurus vulgaris</i>	Sciuridae				LC
Zorro gris	<i>Urocyon cinereoargenteus</i>	Canidae				LC
Conejo	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Leporidae				LC

LC: Preocupación menor.

Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*). En Colombia este venado es un habitante de los páramos, sabanas, zonas con matorrales, orillas del bosque y otros lugares con vegetación semiabierta; en cambio, está ausente del interior de los húmedos y espesos bosques que cubren las llanuras y las faldas de las montañas del país. Su tamaño relativamente grande (mide unos 95cm de alzada a la cruz) y la cornamenta ramificada de los machos, que se puede enredar fácilmente entre la vegetación densa, son adaptaciones propias de un animal acostumbrado a vivir en sitios relativamente despejados (figura 44).

Figura 44. Venado cola blanca en un parche de *Polylepis quadrijuga* Bitter en la microcuenca Aguatendida.

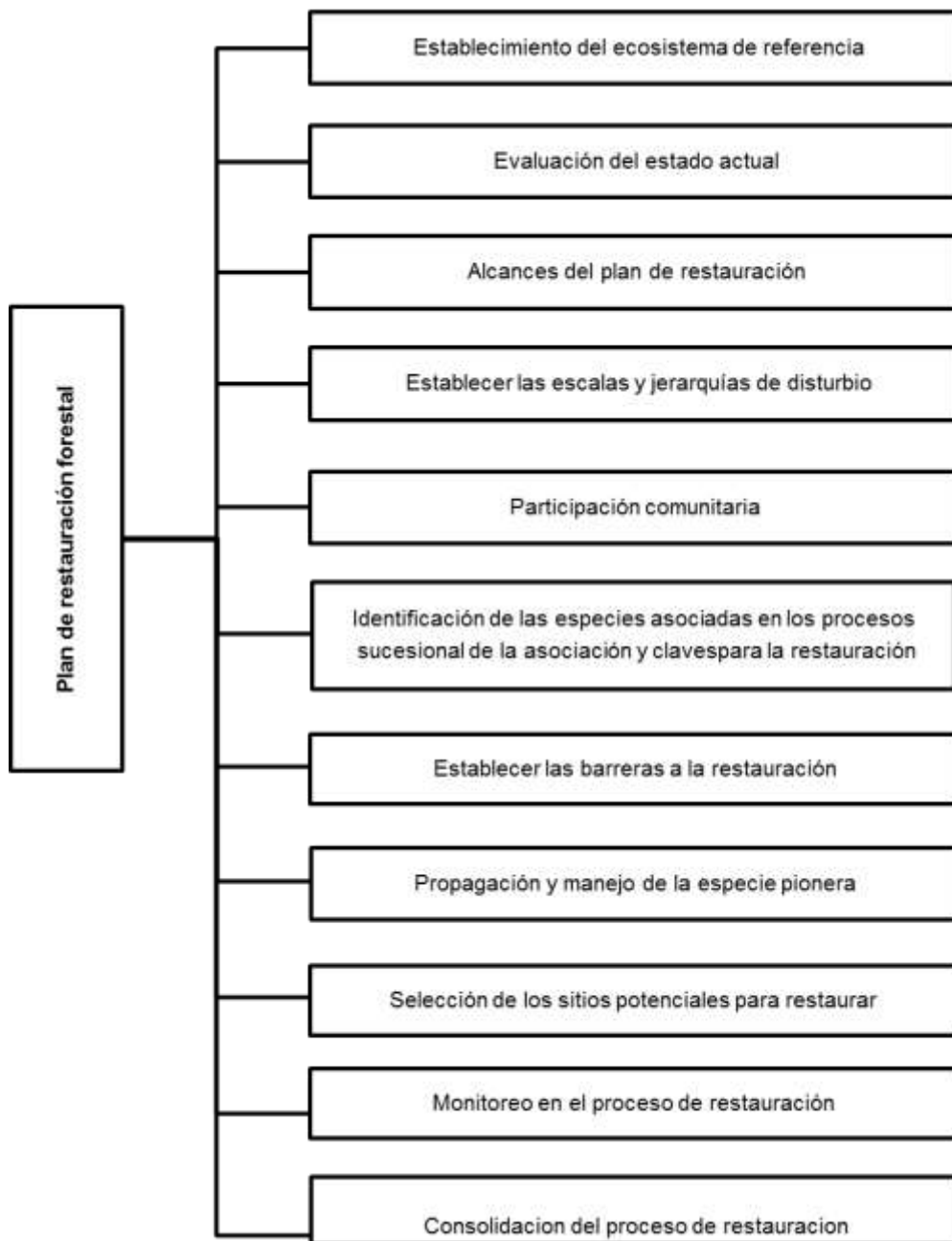


La especie *Odocoileus virginianus* es comúnmente observada en la microcuenca por sus pobladores en zonas de gramíneas y arbustos además de bordes de bosques y herbazales. Se puede afirmar que los bosques de Colorado albergan una considerable cantidad de fauna lo cual los ubica como cobertura estratégica para la conservación de la diversidad y el equilibrio ecológico y medio ambiental.

6.4 PLAN DE RESTAURACIÓN FORESTAL

Para elaborar el plan de restauración forestal se involucró una serie de pasos que comienzan con el estudio del ecosistema de referencia y se extienden hasta la consolidar el proceso de restauración como se muestra en la figura 45.

Figura 45. Plan de restauración forestal.



Fuente: VARGAS et al. ,2007

6.4.1 Ecosistema de referencia: el ecosistema de referencia se basa en los relictos existentes de la asociación *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado) que se

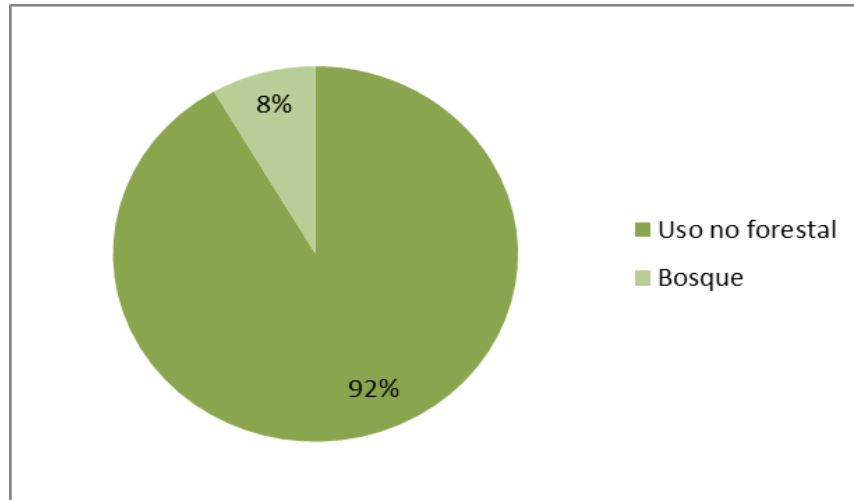
encuentran en la región siendo los indicadores de la existencia y dominancia de esta especie junto con otras que se asocian, para identificar estas variables se realiza una evaluación de la composición florística y estructural de los relictos existentes y sucesiones secundarias en desarrollo y sin afectación antrópica como se muestra en la figura 46.

Figura 46. Ecosistemas de referencia para el plan de restauración forestal.



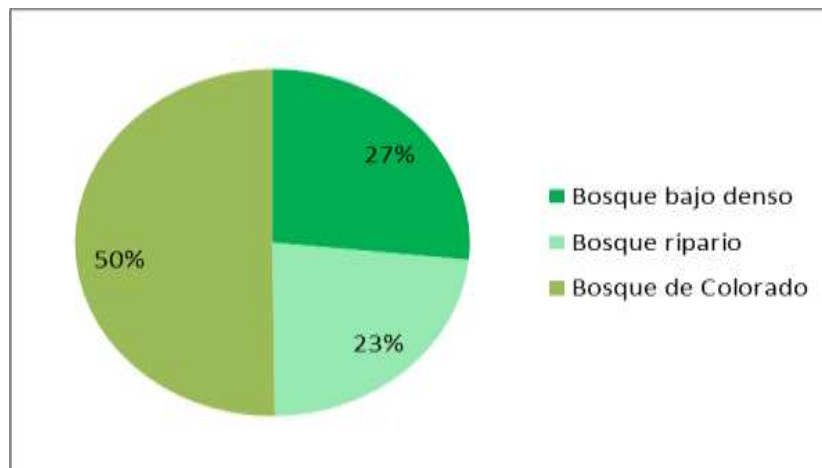
6.4.2 Evaluación del estado actual: la cobertura boscosa en la microcuenca Aguatendida, la microcuenca tiene un área de 1070,2Ha de las cuales, 89,567Ha corresponden a algún tipo de Cobertura boscosa en la siguiente grafica se observa la relación entre el área total de la microcuenca y el área ocupada por bosques (figura 47).

Figura 47. Representatividad de la cobertura boscosa en el microcuenca.



Tan solo el 8% del total de extensión de la microcuenca corresponde a bosque lo que presenta una problemática de conflicto de uso de los suelos teniendo en cuenta que se trata de un ecosistema de paramo el cual debería contar con más extensión de bosque sobre todo en las rondas de los cauces de la microcuenca. Del 8 % ocupado por bosques se puede realizar una clasificación de los diferentes tipos de bosques, la relación porcentual de estos se muestra en la figura 48.

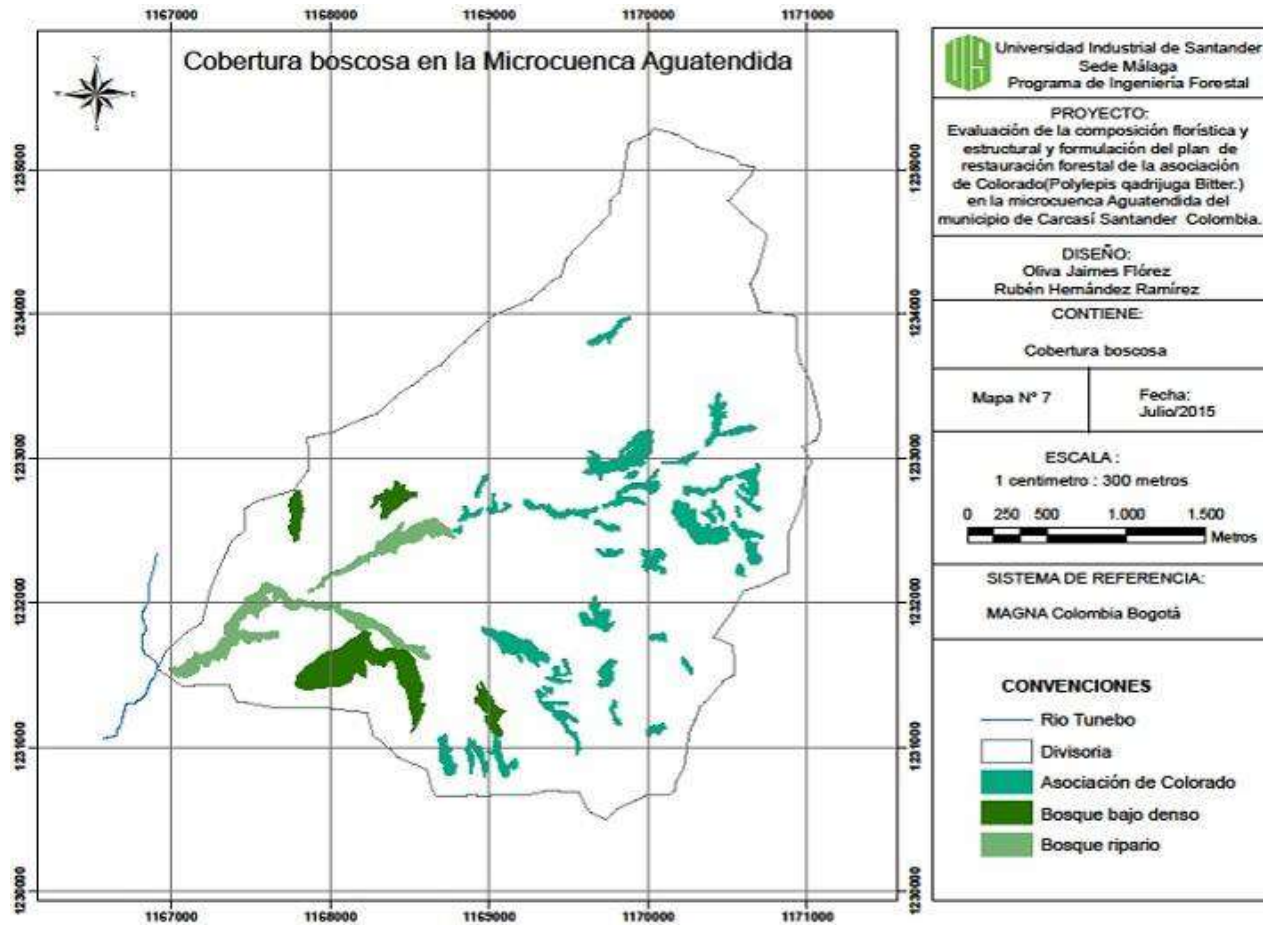
Figura 48. Áreas boscosas en la microcuenca.



Se presentan adicional al bosque de Colorado, dos coberturas las cuales corresponden a Bosque bajo denso con un área de 23,823Ha, y bosque ripario en la parte baja de la microcuenca el cual abarca un área de 20,780Ha el cual se describe como las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales; este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales; cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario (IDEAM 2010)²¹. En figura 49 se presentan estas tres coberturas en la microcuenca.

²¹INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. [Online] Bogotá, Colombia: IDEAM, 2010. p.39. [Consultado en junio de 2015] Disponible en: http://siatac.co/c/document_library/get_file?uuid=a64629ad-2dbe-4e1e-a561-fc16b8037522&groupId=762

Figura 49. Mapa de cobertura boscosa.



Causas de la pérdida del ecosistema boscoso: los bosques de la asociación *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado) se han venido perdiendo debido a factores antrópicos como la ampliación de la frontera agropecuaria y en algunos casos los aprovechamientos indiscriminados (figura 50), además la influencia de animales en los bosques como caprinos, ovinos y bovinos causan desequilibrios y pérdida de biodiversidad de flora.

Figura 50. Causas de la pérdida del ecosistema boscoso.

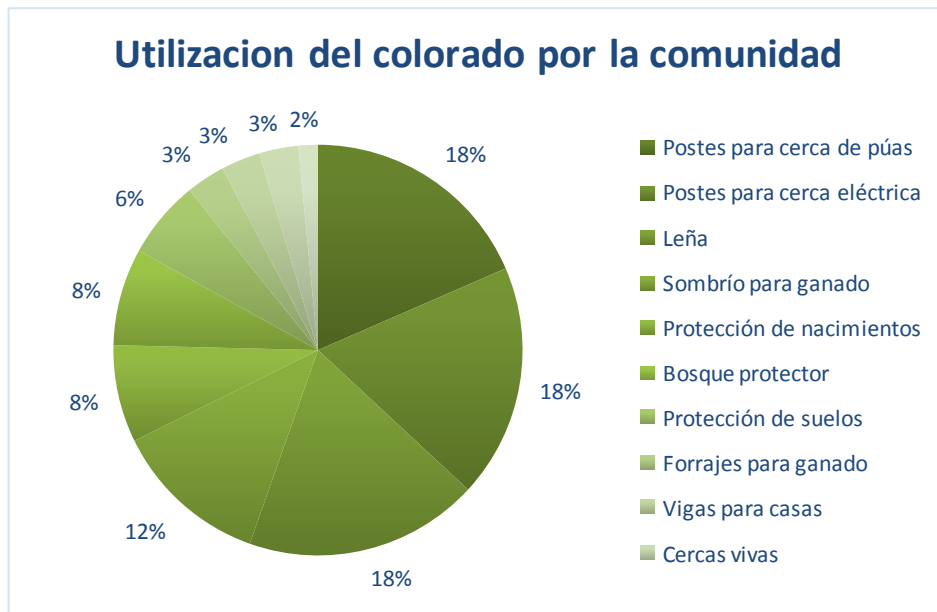


a) y b) Aprovechamiento del bosque natural c) caprinos causando daños por anillamiento en la asociación d) ampliación de la frontera agropecuaria

Utilización de la especie dominante *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado): en las encuestas realizadas se determinó que la principal utilidad que se le da al Colorado en la zona de influencia del proyecto es para postes para cerca de púas,

postes para cerca eléctrica, leña, sombrío para ganado y protección de nacimientos (figura 51).

Figura 51. Utilización del Colorado por las familias de la zona de influencia del proyecto.



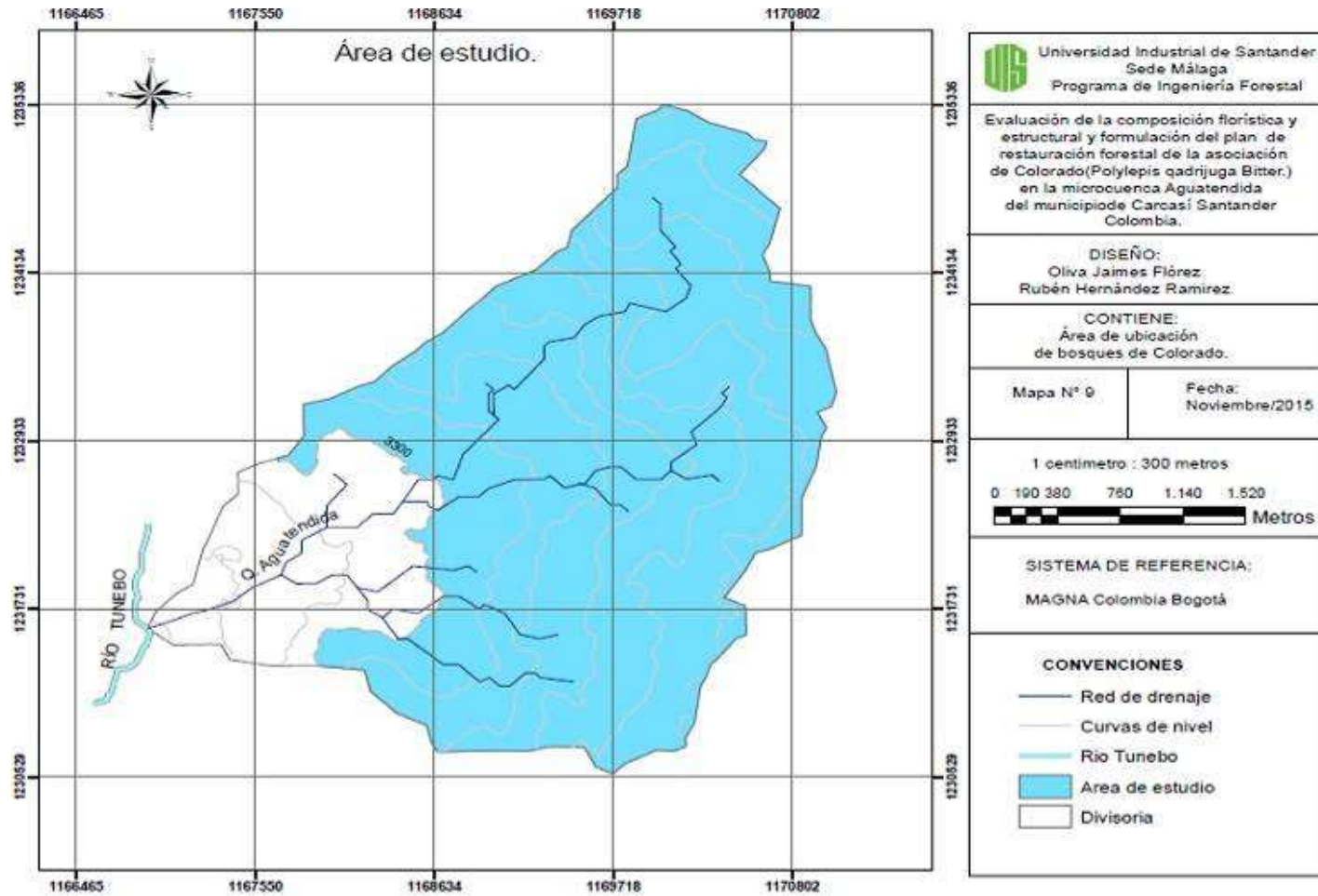
Estado del suelo: los suelos de las áreas de la asociación pedidas se encuentran cubiertos por gramíneas dedicadas al sostenimiento de ganada y en cultivos transitorios, no se presentan problemas por erosión y tienen un contenido de materia orgánica significativa con presencias de rocas especialmente la lutita y una profundidad efectiva que supera el metro (figura 52), se consideran aptos para iniciar el proceso de siembra de la especie dominante *Polylepis quadrijuga* Bitter (Colorado).

Figura 52. Perfil del suelo en una calicata en ecosistemas potencial para restauración.



6.4.3 Alcances del plan de restauración: el plan de restauración involucra la parte alta de la microcuenca Aguatendida a partir de los 3300msnm donde comienza la zona de influencia del *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado) donde se encuentran los relictos más significativos de la asociación y además se generaron los disturbios más notables y las mayores pérdidas del ecosistema natural (figura 53). Tendrá un alcance local lo cual involucra la participación directa de la comunidad que se encuentra dentro de la zona de influencia a la que corresponden 12 familias que habitan actualmente con las que se pretende trabaja en el plan de restauración forestal principalmente en la zonas de recarga hídrica y a los alrededores de los drenajes además de algunos depósitos coluviales que se generaron en la parte baja de la montaña.

Figura 53. Mapa de área de alcances del plan de restauración.



6.4.4 Establecimiento de las escalas y jerarquías de disturbio: el carácter dinámico de los ecosistemas es una función del régimen de disturbios naturales y antrópicos que operan en un amplio rango de escalas espacio temporales. En general, se consideran como disturbios los eventos destructivos de origen natural o antrópico y las fluctuaciones ambientales que estos puedan presentar en espacio y tiempo²², en el ecosistema de la asociación se presentan los disturbios a una escala de parcela, local y regional (figura 54) y de esta manera la magnitud del disturbio y las condiciones en que se encuentra.

Figura 54. Escala del plan de restauración.



Fuente: VARGAS, 2007

6.4.5 Participación comunitaria: lograr que la comunidad se integre y participe en el plan de restauración forestal es uno de los pilares fundamentales para lograr el éxito del proyecto y se busca comprometer a la comunidad campesina, funcionarios públicos y comunidad escolar.

²²VARGAS, Orlando. Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino.[Online] Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2007. p.40. [Consultado en junio de 2015] Disponible en: http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user_46/file/Guia%20Metodologica.pdf

Comunidad campesina: para que el proceso de restauración forestal sea viable se tiene que pensar directamente en la aprobación de la comunidad quienes son los dueños directos de los predios y los que llevarán el cuidado y seguimiento de este proceso para lo cual se hicieron las visitas personalizadas a cada finca mediante charlas educativas y expositivas acerca de temas relacionados con cambio climático como se aprecia en la imagen, problemas ambientales, protección forestal, producción sostenible y restauración forestal y se obtuvieron resultados positivos tras entender los problemas que se están presentando y el comienzo de búsqueda de soluciones con el acompañamiento de la comunidad y aportes culturales y científicos y que son útiles durante el desarrollo del proceso de restauración, además se generaron preguntas tanto de la comunidad acerca de algunos cambios y fenómenos que las personas han observado durante la estadía en la región y aportaron conocimiento significativos de cartografía social acerca de los cambios que se han generado en los últimos años y se describieron en forma verbal como se encontraba los relictos de bosque desde hace unas cinco décadas comparándola con el estado actual, adquiriendo conciencia y compromisos del cuidado de bosques y del manejo sostenible de las fincas (figura 55).

Figura 55. Visitas educativas y expositivas del plan de restauración forestal a la comunidad.



Comunidad escolar: en la zona de influencia del proyecto se cuenta con la presencia de la escuela rural Laguna negra, la cual cuenta con la asistencia de siete niños para los primeros años de su formación académica y en donde se realizaron una serie de capacitaciones y charlas sencillas que incentiven aquellos niños a generar una educación de protección del medio ambiente y además se les invito a involucrarse en el proceso de restauración experimental que se estaba realizando, para los cuales se les propuso con el acompañamiento de la profesora a sembrar un árbol donde alguna vez existieron y por razones naturales y antrópicas ya no están.

En la figura 56 se muestra una serie de actividades que se realizaron con los niños de la comunidad los cuales son de vital importancia en el modelo de este proceso y se pretende que en la diferentes etapas del plan de restauración forestal se trabaje con los ellos para capacitarlo y a medida que se desarrolle el proceso de restauración puedan ser parte del monitoreo y cuidado de la rehabilitación de la asociación *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado).

Figura 56. Actividades realizadas con los niños de la comunidad de influencia en el plan de restauración forestal.



6.4.6 Identificación de las especies asociadas en los procesos sucesional y potenciales para la restauración: en los estudios de composición florística de las parcelas que se seleccionaron se puede denotar que manteniendo la especie pionera como lo es el Colorado (*Polylepis quadrijuga Bitter*) a medida que pasa el tiempo se van generando una asociación entre los más destacados se encuentran 9 familias y 15 generos como se muestra en cuadro 19 donde pueden conocer las especies que se han incorporado naturalmente al proceso de restauración de la asociación dominada por el Colorado.

Cuadro 19. Especies que se han incorporado en una sucesión secundaria de la asociación *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado).

Familia	Género	Nombre científico
Asteraceae	Achyrocline	<u><i>Achyrocline sp.</i></u>
	Baccharis	<u><i>Baccharis sp.</i></u>
	Diplostephium	<u><i>Diplostephium sp.</i></u>
	Ginoxys	<u><i>Ginoxys sp.</i></u>
	tinifolia	<u><i>Ageratina tinifolia (Kunth) R.M. King & H. Rob.</i></u>
Escalloniaceae	Escallonia	<u><i>Escallonia myrtilloides L. f.</i></u>
Fabaceae	Lupinus	<u><i>Lupinus sp.</i></u>
Melastomataceae	Miconia	<u><i>Miconia summa Cuatrec.</i></u>
	Miconia	<u><i>Miconia salicifolia (Bonpl ex Naudin) Naudin</i></u>
Poligalaceae	Monnina	<u><i>Monnina sp.</i></u>
Rosaceae	Hesperomeles	<u><i>Hesperomeles goudotiana (Decne.) Killip.</i></u>
	Polylepis	<u><i>Polylepis quadrijuga Bitter.</i></u>
Scrophulariaceae	Calceolaria	<u><i>Calceolaria microbefaria Kraenzl.</i></u>
sp1	sp1	<u><i>sp1.</i></u>
sp2	sp2	<u><i>sp2.</i></u>

* **Densidad:** la densidad de las parcelas demostrativas con especies a partir de un metro de altura donde involucra hierbas y árboles corresponde a unos 4025 individuos por hectárea tomando como referencia un área de 0.04 hectáreas (400m²) (anexo C) y donde la especie pionera se encuentra bien constituida en todas las etapas de desarrollo.

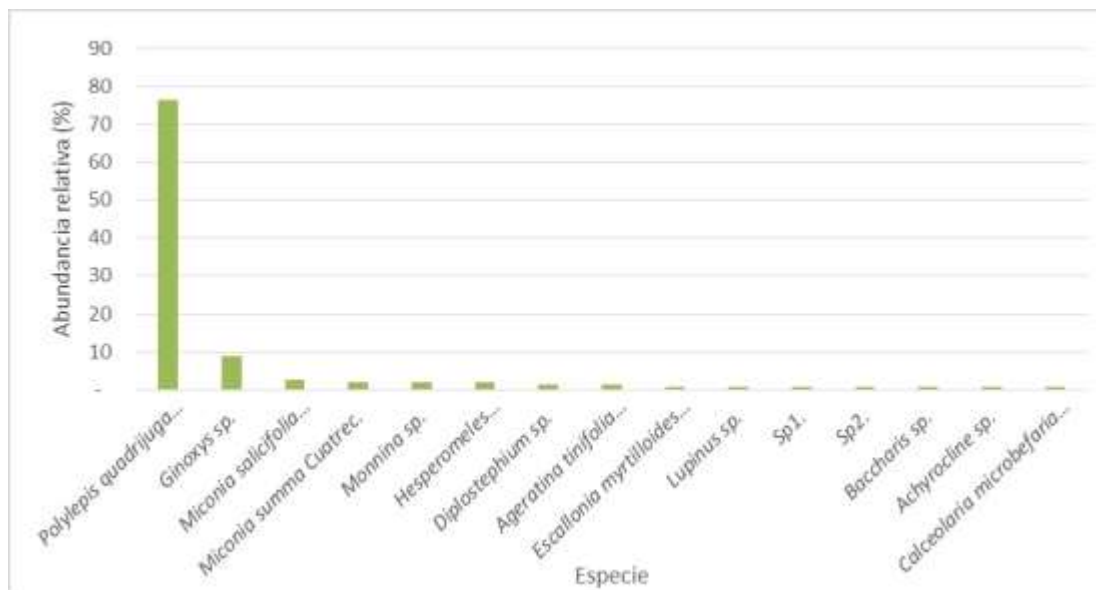
* **Índice de valor de importancia:** en el cuadro 20 se muestra índice de valor de importancia (IVI) que se generaron a partir de las cuatro parcelas de regeneración natural de la asociación *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado) en diferentes etapas de desarrollo.

Cuadro 20. Índice de valor de importancia (IVI) para las parcelas demostrativas de sucesión secundaria.

Nombre común	Nombre científico	Aa	Ar(%)	Fa (%)	Fr(%)	Da	Dr(%)	IVI
Colorado	<u><i>Polylepis quadrijuga Bitter.</i></u>	123	76,40	100	16,67	11,291	88,988	182,05
Hoja blanco	<u><i>Ginoxys sp.</i></u>	14	8,70	75	12,50	0,857	6,756	27,95
Vara negro	<u><i>Miconia salicifolia (Bonpl ex Naudin) Naudin.</i></u>	4	2,48	50	8,33	0,123	0,966	11,78
Tuno	<u><i>Miconia summa Cuatrec.</i></u>	3	1,86	50	8,33	0,191	1,506	11,70
Azulejo	<u><i>Monnina sp.</i></u>	3	1,86	50	8,33	0,058	0,460	10,66
Mortiño	<u><i>Hesperomeles goudotiana (Decne.) Killip.</i></u>	3	1,86	50	8,33	0,033	0,257	10,45
Romero verde	<u><i>Diplostephium sp.</i></u>	2	1,24	25	4,17	0,015	0,121	5,53
Amargoso	<u><i>Ageratina tinifolia (Kunth) R.M. King & H. Rob.</i></u>	2	1,24	25	4,17	0,009	0,072	5,48
Tobo	<u><i>Escallonia myrtilloides L. f.</i></u>	1	0,62	25	4,17	0,057	0,452	5,24
Chocho	<u><i>Lupinus sp.</i></u>	1	0,62	25	4,17	0,029	0,226	5,01
Nacedero	<u><i>Sp1.</i></u>	1	0,62	25	4,17	0,015	0,117	4,91
Tinto	<u><i>Sp2.</i></u>	1	0,62	25	4,17	0,005	0,036	4,82
Chilco	<u><i>Baccharis sp.</i></u>	1	0,62	25	4,17	0,003	0,025	4,81
Blanquisco	<u><i>Achyrocline sp.</i></u>	1	0,62	25	4,17	0,001	0,009	4,80
Maicitos	<u><i>Calceolaria microbefaria Kraenzl.</i></u>	1	0,62	25	4,17	0,001	0,009	4,80
Total		161	100	600	100	12,688	100	300

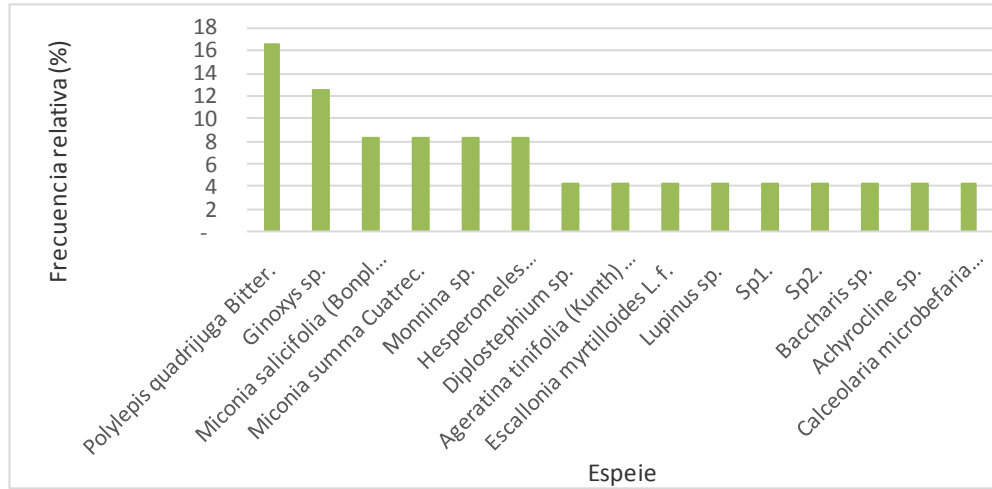
***Abundancia relativa:** la abundancia relativa en las sucesiones secundaria estudiadas son indicadoras que el *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado) tiene el 76% de los individuos seguido por otras especies como los *Ginoxys sp* y *Miconias* que están por debajo del 10% de individuos (figura 57).

Figura 57. Abundancia relativa de la sucesión secundaria.



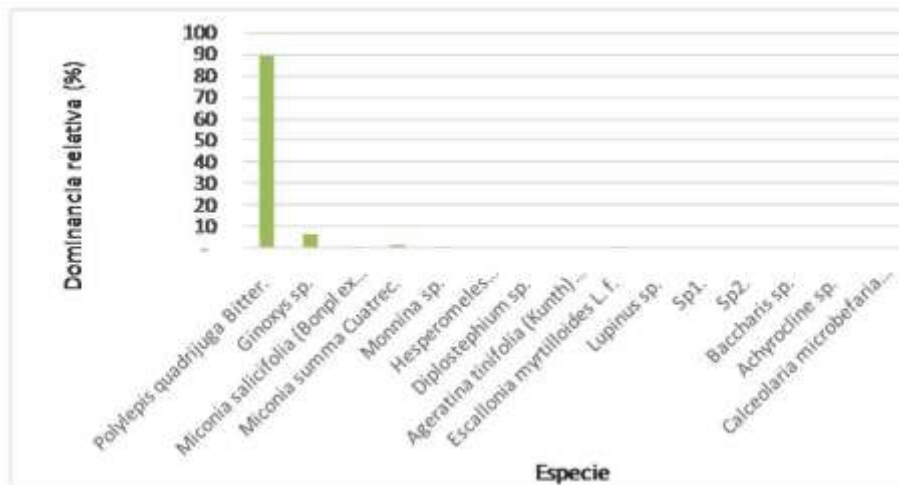
* **Frecuencia relativa:** la distribución de las especies es homogénea y los aparecen frecuentemente en casi todas las áreas estudiadas, indicándonos que las especies se asocian muy bien en diferentes condiciones climáticas, suelos y altura sobre el nivel del mar (figura 58).

Figura 58. Frecuencia relativa de la sucesión secundaria.



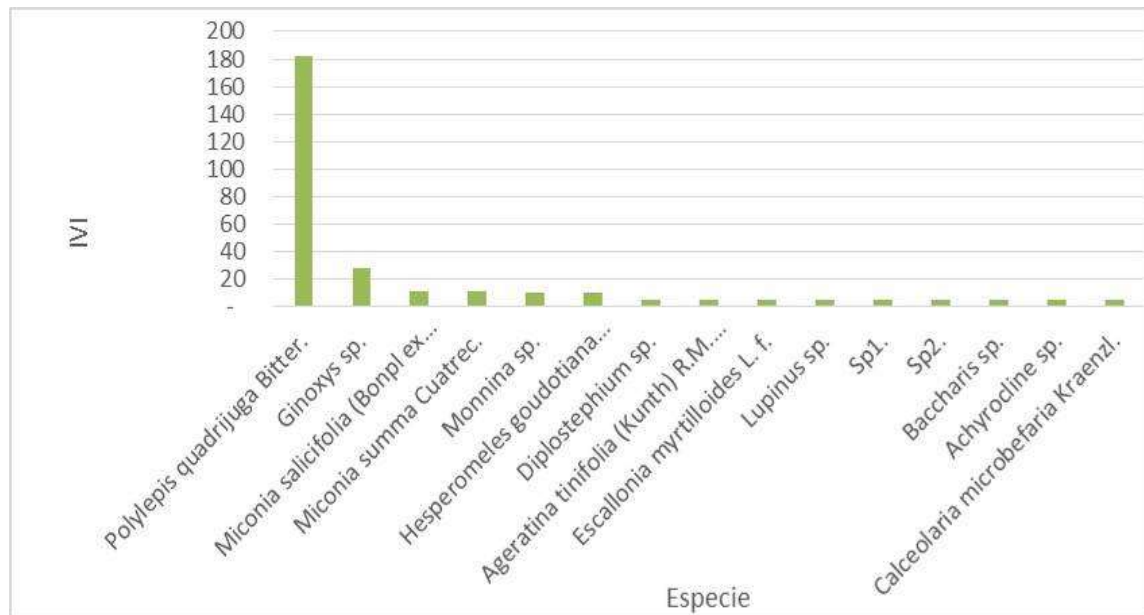
***Dominancia relativa:** en las zonas de páramo las especies no alcanzan diámetros apreciables pero el *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado) es una especie forestal que se ha adaptado tan bien a las condiciones climáticas y geográficas, causando que desde sus primeras etapas de desarrollo comience a generar áreas basales apreciables y sea totalmente dominante en diámetros los primeros años en una sucesión secundaria en estas condiciones (figura 59).

Figura 59. Dominancia relativa de la sucesión secundaria



La especie pionera *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado) tiene un valor bien importante con IVI que supera un el 180 y en el proceso de desarrollo se empiezan a involucrar especies arbóreas y arbustivos significativas como *Ginoxys sp.* (Hoja blanco), *Miconia salicifolia (Bonpl ex Naudin) Naudin* (Vara negro), *Miconia summa Cuatrec.* (Tuno), *Monnina sp.* (Azulejo), *Hesperomeles goudotiana (Decne.) Killip.* (Mortiño) entre los más significancia para el proceso de restauración forestal y con capacidad de incorporasen naturalmente (figura 60).

Figura 60. Índice de valor de importancia de la sucesión secundaria.



En los estudios de composición florística de la sucesión secundaria se identifica la especie dominante con cifras superiores a todas las especies en cualquier análisis realizado, pero las especies asociadas se vienen incorporando y no son motivos de amenaza a la especie dominante o desaparición por frecuencias bajas, arrojando como alternativa la implementación de la siembra de *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado) como especie pionera, en el transcurso del desarrollo del árbol se incorporaran las especies acompañantes convirtiéndose rápidamente en una asociación y en el transcurso de 20 años sea un bosque joven con

condiciones de desarrollo parecidas a la que existieron antes de los disturbios antrópicos.

En la figura 61 se puede observar cómo se comporta el desarrollo de la sucesión secundaria durante el proceso de crecimiento y puede estar ligado a factores que limitan una escala continua de crecimiento ya que las parcelas están ubicadas en diferentes condiciones climáticas y de suelos.

Figura 61. Parcelas de sucesión secundaria.



6.4.7 Barreras de restauración: la barrera de la restauración se entiende a todos aquellos factores que impiden o limitan el desarrollo de la asociación (*Polylepis quadrijuca Bitter*) y se encontraron barreras ecológicas y sociales.

Barreras ecológicas: al realizar una serie de observaciones en campo durante varias visitas se puede notar que los agentes limitantes están relacionados con factores bióticos que actúan principalmente en fases de persistencia impidiendo el desarrollo de la sucesión, entre los más notables se encuentra la herbivoría (figura 62) en la cual se observa como caprinos se convirtieron los principales enemigos y devoradores de cualquier sucesión o incluso atacan los bosques ya desarrollados.

Figura 62. Caprinos causando anillamiento en arboles de *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado)



6.4.7.2 Barrera social: incentivar a la protección y recuperación de terrenos que fueron utilizados para cultivos agrícolas y pecuarios y cuando se comienza a generar la fase de persistencia de la sucesión ecológica se procede a volver a retomar actividades agropecuarias en los terrenos y no permiten que se recupere el bosque y de esta manera se va disminuyendo progresivamente la posibilidad

que se vuelva a generar hasta convertirse en imposible para una restauración espontánea.

En los inventarios realizados no se encontró especies invasoras o de amenaza para la asociación por lo que no se hace necesario establecer un plan de control sino más bien de prevención para evitar que una especie invasora pueda colonizar esta zona de conservación forestal.

6.4.8 Propagación de especies: la propagación es la capacidad de las plantas para reproducirse y en el caso del *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado) como especie pionera se realizó en base a la propagación por semillas y desarrollo a partir de plántulas extraídas de su medio natural, como base de conocimiento para el plan de restauración forestal, se realizó el diseño experimental para lo cual fue necesario la construcción de un vivero transitorio con su respectivo germinador y con capacidad para 180 plántulas utilizando materiales de la región como madera de *Miconia summa* Cuatrec (tuno) *Myrsine dependens* (Ruiz & Pav.) Spreng. (Cucharo) y *Chusquea sp.* (*Chusque*) como se observa en la figura 63.

Figura 63. Construcción y manejo de vivero de diseño experimental para la propagación de la especie pionera del *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado).



6.4.8.1 Reproducción por semillas: para la reproducción sexual se localizaron árboles en buen estado con frutos y posteriormente se recolectaron las semillas, haciéndoles un proceso de secado durante quince días y luego se sembraron en el vivero donde se obtuvieron las germinaciones entre el segundo y cuarto mes (figura 64).

Figura 64. Reproducción sexual de la especie pionera *Polylepis quadrijuga* Bitter (Colorado).



6.4.8.2 Adaptación de plántulas extraídas de su medio natural: el principal objetivo para extraer plantas del medio natural al vivero es ahorrar el tiempo de las primeras etapas de desarrollo y de esta manera incorporarlas al vivero para adaptarlas y posteriormente llevarlas a campo y con fines educativos para incentivar a la comunidad para que realice estas actividades de trasplante de

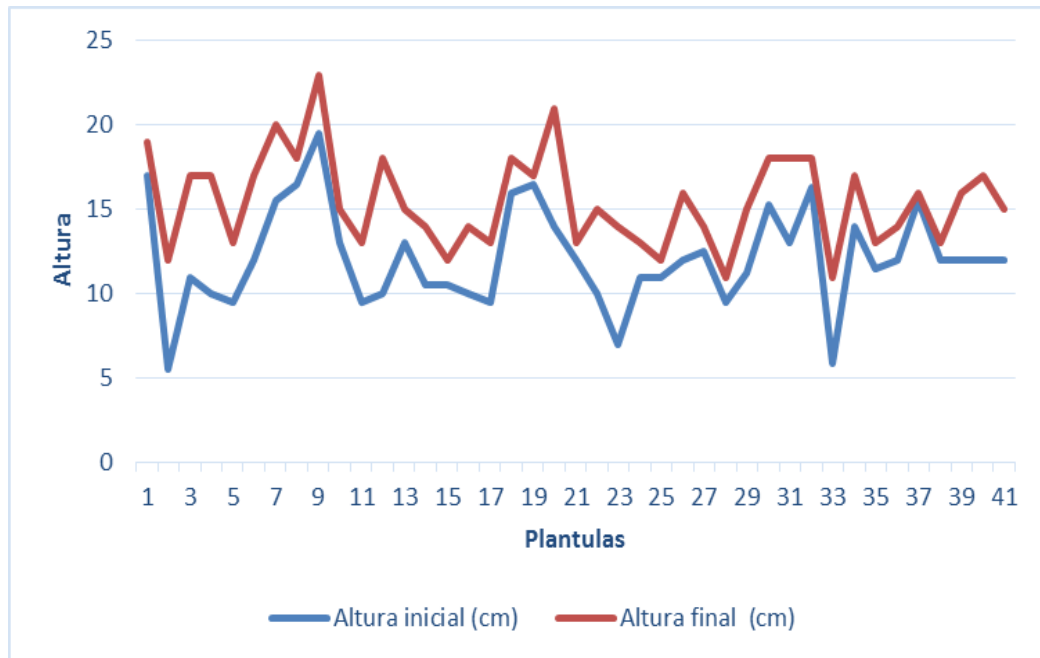
plántulas de Colorado que germinan en zonas donde no se pueden desarrollar por causas naturales o antrópicas y por lo cual se genera este modelo de restauración con plántulas extraídas de potreros o de medios naturales. La extracción de las especies se debe realizar con mucho cuidado debido a que su geotropismo negativo es tres veces mayor que el positivo y durante los primeros días es bueno aplicarle riego continuo; unas tres semanas después del trasplante se observa como las plantas sufren un estrés como consecuencia de los cambios y presentan un amarillamiento, algunas pierden su sistema foliar y en casos más graves puede ocurrir la muerte el proceso se muestra en la siguiente imagen.

Figura 65. Extracción y adaptación de las plántulas de *Polylepis quadrijuqa* Bitter.



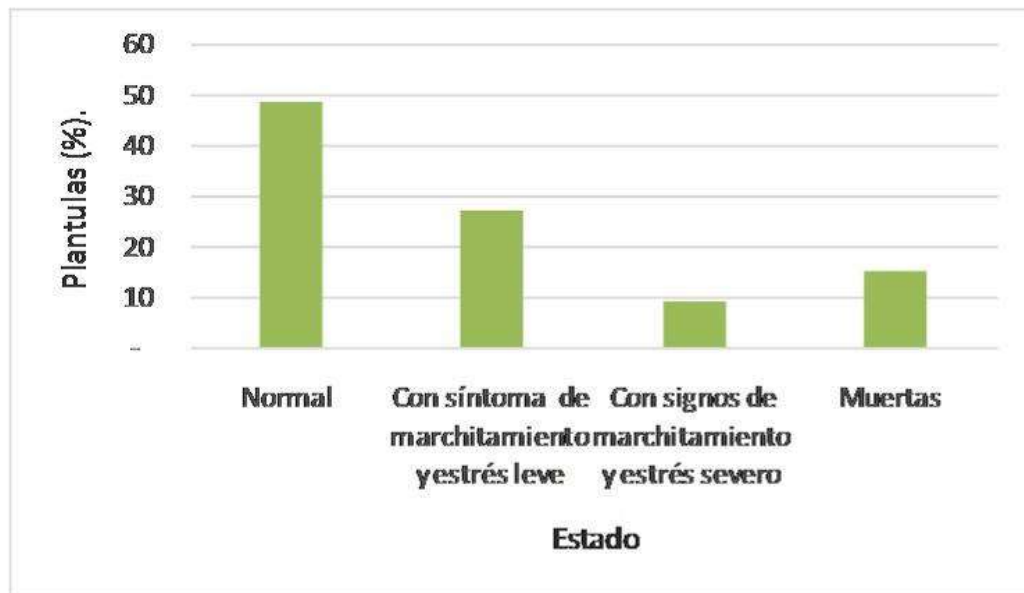
Durante los cuatro meses de seguimiento se estudió la variable de crecimiento la cual fue bastante lenta como se ilustra en la figura 66 obteniendo una promedio de 3,373 cm en 122 días tomando como referencia las plántulas llevadas para el trasplante en la parcela demostrativa como se muestra en la siguiente ilustración.

Figura 66. Crecimiento de las plántulas *Polylepis quadrijuca* Bitter (Colorado) en 122 días.



El desarrollo de las plántulas también se vio interrumpido por una serie de acontecimientos como el amarillamiento después de la segunda semana en vivero, la pérdida de su sistema foliar a partir de la tercera y la muerte de algunas plántulas, obteniendo después de cuatro meses las primeras plántulas para trasplante y al evaluar el estado general se determinó es bueno y se describe en la siguiente gráfica donde podemos denotar que el estado normal y con síntomas de marchitamiento y estrés leve no representan pérdida de individuos y suman un 76% siendo una mayoría las plántulas aptas para trasplante.

Figura 67. Estado de las plántulas *Polylepis quadrijuga* Bitter (Colorado) después de adaptarlas 4 meses.



6.4.9 Establecimiento de las parcelas restauración forestal: con la incorporación de la comunidad en el programa de restauración forestal se buscó establecer parcelas en los sitios seleccionados y de esta manera iniciar el proceso en terreno que junto con la comunidad son los pilares fundamentales para llegar al éxito de la restauración forestal.

Aislamiento de sitios potenciales para restaurar: se delimitaron los terrenos potenciales para restaurar, área que como consecuencia de disturbios antropocénicos ha perdido la cobertura vegetal original que correspondía al *Polylepis quadrijuga* Bitter (Colorado) y sus especies asociadas para convertirlo en una área de producción agropecuaria y buscando disminuir los agentes disturbantes se realizó el aislamiento con postes resistentes y alambre de púas con distanciamientos que no superen los dos metros, para el diseño experimental se empleó madera del sector de la especie *Weinmania* sp. (Encenillo) con alambre de púas como se muestra en la siguiente figura.

Figura 68. Proceso de aislamiento.



a) y b) aprovechamiento de árbol para postes
c), d), e) y f) proceso de aislamiento de la parcela demostrativa.

Establecimiento de la especie pionera *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado) para la restauración forestal: teniendo el aislamiento se procedió a establecer la especie pionera como inicio del proceso de restauración en campo y basados en los estudios realizados a las parcelas secundarias se estableció una siembra con un distanciamiento de dos metros (en caso que durante el proceso de monitoreo se considere muy cercana se deben realizar entresacas), el trazado se realizó de acuerdo a las condiciones topográficas, en el caso de la parcela demostrativa se realizó al triángulo con su respectivo ahoyado, en la siembra se involucraron niños del sector como modelo de la influencia de la comunidad en el plan de restauración forestal quienes estuvieron en todo el proceso como lo es retirarlas del vivero, trasportarlas al terreno y la siembra de las plántulas (figura 69).

Figura 69. Fotografías del establecimiento de la parcela demostrativa de restauración forestal con participación de niños de la comunidad.



Selección de los sitios: para seleccionar los sitios se tiene muy en cuenta la opinión de la comunidad quienes realizan por medio descriptivo mediante cartografía rural la ubicación de los sitios donde existieron los relictos más importantes de la asociación dando a conocer que las zonas en las que siempre se han encontrado esta asociación es el pie de las montañas, las áreas aledaños a los drenajes y zonas de recarga hídrica.

6.4.10 Monitoreo en el proceso de restauración: el monitoreo constituye la siguiente etapa de restauración, por el tiempo requerimiento para ello, tan solo se procede a plantear la metodología para su ejecución, como se especifica a continuación.

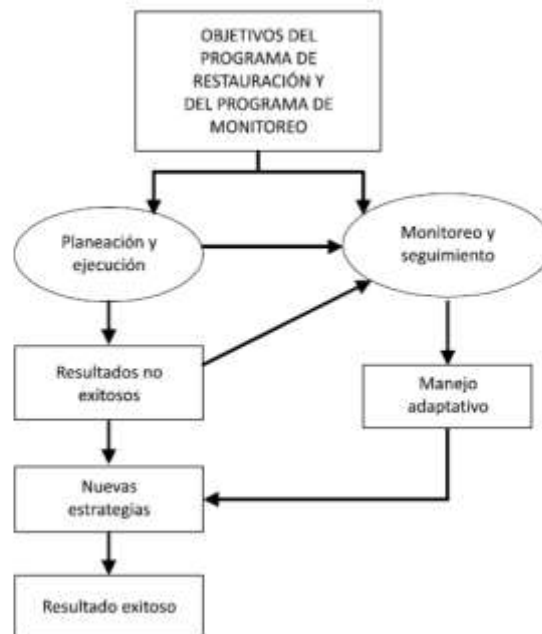
Dentro de un proceso de restauración, el monitoreo consiste en el seguimiento y evaluación continuos de los cambios que experimenta el ecosistema bajo los diferentes tratamientos de restauración aplicados (Vargas, O. & F. Mora. 2007); este seguimiento tiene como objetivo asegurar el éxito, ya que brinda la

información para evaluar y reorganizar las prácticas de la restauración forestal de manera que si en la información adquirida es negativa se cambia los tratamientos y si la información es positiva se pueden multiplicar estos tratamientos.

Como se describe en la figura 70 el programa de restauración consiste en una planeación y ejecución que se evaluar mediante un monitoreo y seguimiento y cuando se generen resultados no exitosos se busca nuevas estrategias que se deriva de un manejo adaptativo para encontrar los resultados exitosos y como el plan que se está diseñando es a largo plazo puede ser que presente falencias en cualquier etapa de su desarrollo con más probabilidad en los primeros años y en tal caso se deben implementar estrategias de manejo, adaptación o incorporación de especies que permitan el desarrollo normal del proceso restaurativo.

Tipos de monitoreo en la restauración forestal: uno de los puntos importantes a tener en cuenta al diseñar el programa de monitoreo, es que existen dos tipos de monitoreo relevantes en restauración: el monitoreo de implementación o de corto plazo y el monitoreo de efectividad o de largo (Vargas, O. & F. Mora. 2007).

Figura 70. Esquema de desarrollo de un plan efectivo de restauración que involucre el monitoreo.



Fuente: VARGAS, 2007.

El monitoreo de implementación consiste en evaluar los primeros cambios después de aplicar el tratamiento de restauración forestal como la adaptación de las plántulas posterior a la extracción de su espacio natural como se realizó en el diseño experimental y el monitoreo de efectividad que permite en espacios de tiempo más grandes evaluar si se cumplen los objetivos propuestos y se podrá evaluar después de varios años del establecimiento del plan de restauración debido a que las condiciones climáticas hacen que su desarrollo sea bastante lento.

Los datos tomados en el monitoreo están basados en la descripción del desarrollo de la especie pionera, grado de asociatividad, distribución, competencia por especies invasoras, estructura, suelos y se realizarán evaluaciones para identificación de alertas tempranas a cualquier alteración y el monitoreo de datos

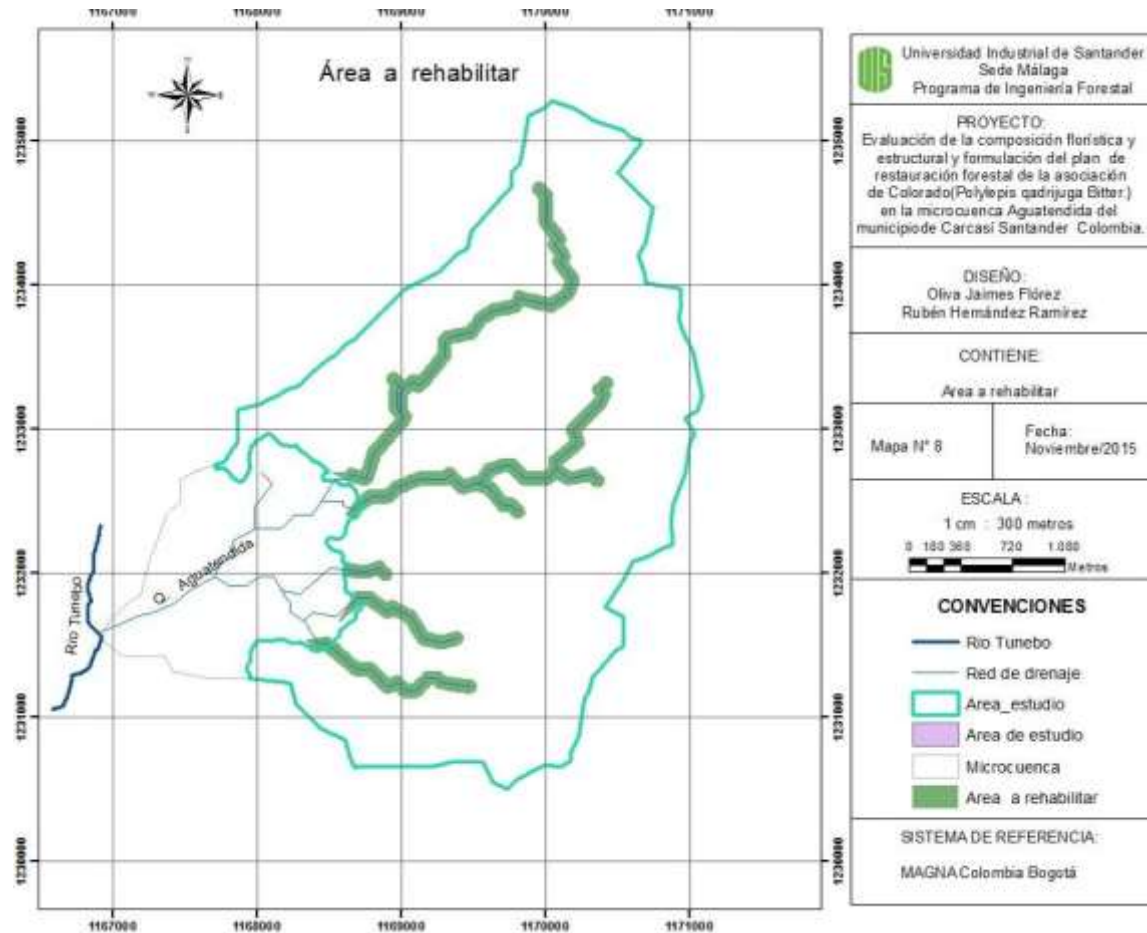
en lo posible puede ser tomados por personas de la comunidad capacitados y con deseos de contribuir a la rehabilitación del bosque y la toma de datos que pueden ser útiles a otros procesos de restauración futura.

6.4.11 Consolidación del proceso de restauración: la consolidación del proceso de restauración forestal consistió en el cumplimiento de los objetivos propuestos los cuales están enfocados en la rehabilitación de la asociación *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado) en un área de ronda hídrica de 92 hectáreas (figura 71), la distribución y establecimiento de la especie dominante y pionera por medio de sistemas agroforestales para toda el área de influencia; para determinar cuando la restauración forestal ha finalizado se presentan los siguientes nueve atributos tomados y adaptados de SER²³

1. El ecosistema restaurado contiene un arreglo característico de especies que ocurren en el ecosistema de referencia y que provee una apropiada estructura de la comunidad.
2. El ecosistema restaurado consiste de especies nativas en la mayoría de su extensión.
3. En el ecosistema deben estar representados todos los grupos funcionales, para garantizar la continuidad del desarrollo y estabilidad del ecosistema restaurado.

²³ SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION. International Primer on Ecological Restoration. [Online] Washington, EE.UU: SER, 2004. p.1. [Consultado en junio de 2015]. Disponible en: <http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration>

Figura 71. Área a restaurar en rondas hídricas.



4. El ambiente físico del ecosistema restaurado es capaz de garantizar la reproducción de las poblaciones forestal para continuar el desarrollo de la estabilidad.
5. El ecosistema restaurado aparentemente funciona normalmente para sus estados ecológicos de desarrollo.
6. Existe una integración apropiada en una matriz forestal de paisaje con el cual interactúa a través de flujos bióticos y abióticos.
7. Las potenciales amenazas han sido eliminadas de los alrededores
8. El ecosistema restaurado es suficientemente capacitado para soportar los períodos normales de estrés.
9. El ecosistema restaurado es autosostenible (cambia pero bajo condiciones normales de estrés y disturbio).

Al cumplir estos atributos se considera que el proceso de restauración ya está finalizada y el ecosistema está cumpliendo su función exitosamente y por lo general es largo y constante y sirve de modelo para implementar procesos de restauración forestal en condiciones similares y con mayor grado de conocimiento.

7. CONCLUSIONES

La asociación de Colorado presenta una alta homogeneidad y baja diversidad, situación que está directamente relacionada con el alto nivel de agregación que posee el *Polylepis gadrijugae Bitter*, presento el mayor índice de valor de importancia con un valor de 206,762 esta situación debido al alto nivel de aparición de la especie en las parcelas evaluadas así como un alto grado de ocupación de área en el bosque; la especie que ocupó el siguiente lugar en importancia ecológica de las especies registradas durante el inventario fue el *Escallonia myrtilloides L. f.* (Tobo), especie que crece sobre alturas considerables en las montañas andinas lo que lo hace similar a la especie objeto de estudio. La densidad encontrada para los arboles con DAP superior a 10cm fue de 806 árboles por hectárea lo que demuestra que las coberturas de Colorado desarrollan un alto número de individuos generando diámetros pequeños en las zonas donde la cobertura es más densa, mientras que los individuos con diámetros mayores son encontrados en zonas de claros y bordes donde la vegetación dominante es más escasa.

Del total de individuos evaluados el 77,363% corresponden a arboles de Colorado los cuales determinan un alto nivel de abundancia proporcional al área basal ocupada por la especie la cual es de 8,87m² lo cual indica que aproximadamente cada árbol ocupara un área bisimétrica de 0,029m². Los estratos arbóreos encontrados en los bosques de Colorado se distribuyen en dos siendo el estrato dominante el ubicado entre los 3 y los 11 metros, el estrato inmediatamente siguiente es el que se localiza en las alturas entre los 7 y 15m de altura; en la mayoría de los casos donde se encuentra cobertura densa es posible encontrar doseles cerrados con poca o escasa entrada de luz.

El factor mórfico promedio de la especie *Polylepis quadrijuca Bitter* (Colorado) es 0,682 lo que corresponde a una forma cilíndrica que solo disminuye en diámetro en el extremo más alto y tiene capacidad para extraer una cantidad de madera significativa, pero la baja altura comercial y las ramificaciones entre los tres primeros metros hacen que el árbol no tenga potencia maderable apreciable para industria, sino más bien para leña y postes cortos.

Los bosques de *Polylepis* albergan gran cantidad de fauna lo cual los convierte en coberturas de importancia ecológica para las especies reportadas como el caso del Venado Cola Blanca (*Odocoileus virginianus*) el cual se reporta en la mayor parte del área de la microcuenca y posee alta presión antrópica lo cual lo posiciona como una especie a proteger

El 8% del total de extensión de la microcuenca corresponde a bosque del cual un 50% está cubierto por la asociación dominada por el *Polylepis quadrijuca Bitter*. (Colorado), se pretende aumentar estas cifras en un plazo de 20 años, empleando la restauración forestal activa que implica tomar acciones que involucren la utilización de programas y actividades en beneficio de las plantas que comienza a desarrollarse en áreas que se encuentran principalmente en los 50 metros a los lados de los drenajes por presentar los daños más significativos debido que las condiciones del suelo son aptas para agricultura y ganadería. El plan de restauración forestal para los bosques de *Polylepis quadrijuca Bitter* se planteó como el conjunto de estrategias para la recuperación de zonas degradadas agrupando factor biótico, abiótico y social, con el cual se proyecta la restauración forestal activa en la ronda hídrica y la propagación de la especie dominante utilizando sistemas agroforestales como cercas vivas, barrera rompe viento y árboles dispersos, brindando a la comunidad alternativas de producción sostenible preservando el recurso forestal

Las especies apropiadas y con mayor probabilidad de involucrarse en el proceso de restauración son: *Polylepis quadrijuqa* Bitter (Colorado) *Ginoxys* sp.(Hoja banco) *Diplostephium* sp.(Romero) *Ageratina tinifolia* (Kunth) R.M. King & H. Rob.(Amargoso) *Escallonia myrtilloides* L. f.(tobo) *Miconia summa* Cuatrec.(tuno) *Miconia salicifolia* (Bonpl ex Naudin) Naudin(Vara negro) *Monnina* sp.(azulejo) *Hesperomeles goudotiana* (Decne.) Killip. (Mortiño).

8. RECOMENDACIONES

Es importante dar continuidad a los procesos comprendidos en el plan de restauración forestal de esta especie endémica de Colombia; establecer programas de investigación en los bosques de Colorado promoviendo así la comprensión de la dinámica de esta cobertura e incluir los bosques de Colorado en la formulación de planes de manejo ambiental donde se favorezca la conservación y restauración de dichas coberturas.

Continuar con estudios de crecimiento, adaptación, alelopatías y tratamientos pregerminativos de la especie *Polylepis quadrijuga Bitter*; la propagación de la especie dominante es recomendable iniciarla a partir de plántulas reproducidas en viveros por semilla; implementar cultivos agroforestales con la especie dominante *Polylepis quadrijuga Bitter* (Colorado) con el fin de propagar la especie, para mayor eficiencia en tiempo y rendimiento es bueno establecer una restauración activa.

El monitoreo debe ser constante durante todo el proceso de restauración y en el caso de que se presente alguna alteración se deben establecer planes inmediatos para mitigar impactos o iniciar inclusión de nuevas especies.

Las cercas de aislamiento se debe establecer con cinco cuerdas para impedir la entrada de agentes perturbantes; se recomienda a los productores de caprinos y ovinos el manejo de ganado semi estabulado y en los bovinos no permitir las áreas de restauración o bosque natural.

BIBLIOGRAFIA

AGUILAR, Mauricio y VANEGAS, Silvia. Viveros: Proyecto Páramo Andino [online]. Bogotá, Colombia: ICDE - IAvH, 2015. 11p. [Consultado junio 2015]. Disponible en: www.humboldt.org.co/es/.../140_c7cf55199e86517637949bb81ffa3283

AGUILAR GARAVITO, Mauricio y RAMÍREZ, Wilson. Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. [Online]. Bogotá, Colombia: ICDE - IAvH, 2015. 7p. [Consultado julio 2015]. Disponible en: www.humboldt.org.co/es/.../276_41573dc2c1274956cbf0b442153731f5

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico [online]. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010. 124p. [Consultado julio 2015]. Disponible en: https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Presentaci%C3%B3n_Pol%C3%ADtica_Nacional_-_Gesti%C3%B3n_libro_pol_nal_rec_hidrico.pdf

CORDERO, Hernando. Notas de clase: Ordenación de bosques, 2015. 74p.

HERRERA MARTÍNEZ, Yimy; MENESES ORTEGÓN, Luz Andrea. Estudio preliminar de la avifauna asociada a parches de *Polylepis quadrijuga* (Rosaceae) del páramo de La Rusia, Duitama (Boyacá - Colombia). En: Revista Luna Azul. Enero-Junio, 2013. no.36 6p.

KESLER, Michael. Bosques de *Polylepis*, Botánica económica de los andes centrales. [Online] La Paz, Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés, 2006. 11p. [Consultado en Agosto de 2015]. Disponible en: http://www.nolana.com/Jalcas/Botanica_Economica_Indice.pdf

MELO CRUZ, Omar y VARGAS RIOS, Rafael. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Ibagué: Universidad del Tolima, 2003. 15p.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas [online]. Bogotá, Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. 92p. [Consultado junio 2015]. Disponible en: [https://www.minambiente.gov.co/images/Bosques BiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Ordenaci%C3%B3n-y-Manejo-de-Bosques/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACI%C3%93N_2.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Ordenaci%C3%B3n-y-Manejo-de-Bosques/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACI%C3%93N_2.pdf)

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Los incendios forestales y la importancia de la gestión del riesgo en prevención. [Online] Bogotá, Colombia: Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015. 1p. [Consultado en noviembre de 2015] Disponible en: <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/428-plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-23>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. El desafío de la ordenación forestal sostenible: Perspectivas de

la silvicultura mundial. [Online]. Roma, Italia: FAO, 1994. 48p. [Consultado en Junio de 2015]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/v6585s/v6585s18.htm>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Los Bosques del Mundo en Cifras: América Latina y el Caribe, una Región Rica en Materia Forestal. En: Revista el mueble y la madera. Septiembre - Noviembre, 2015.vol. 89, no, 2, 12p.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA. Los bosques y la evolución del mundo moderno: La sostenibilidad, un valor duradero. [Online] Roma, Italia: FAO, 2012. 64p. [Consultado en Julio 2015] disponible en: <http://www.fao.org/docrep/016/i3010s/i3010s.pdf>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA. Ecosistemas de los bosques tropicales.[Online] Madrid, España: UNESCO, PNUMA, FAO, 1998. 163p. [Consultado en Agosto de 2015]. Disponible en: <http://bibliotecasibe.ecosur.mx/sibe/book/000003935>

ORGANIZACIÓN PARA LA EDUCACION Y PROTECCION AMBIENTAL. Guía técnica para la restauración de áreas con plantaciones forestales exóticas en el distrito capital D.C.[Online] Bogotá, Colombia: OpEPA, 2014. 1p. [Consultado en julio de 2015]. Disponible en: http://www.opepa.org/index.php?option=com_content&task=view&id=541&Itemid=30.

ROMAHN DE LA VEGA, Carlos francisco; RAMÍREZ MALDONADO, Hugo. Dendrometría. [Online] Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo, 2010. 312p. [Consultado en Junio de 2015]. Disponible en: <http://dicifo.chapingo.mx/licenciatura/publicaciones/dendrometria.pdf>

VARGAS, Orlando. Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino. [Online] Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2007. 194p. [Consultado en junio de 2015] Disponible en: http://www.ciencias.unal.edu.co/unciencias/data-file/user_46/file/Guia%20Metodologica.pdf

ZUTTA, Brian. Prediciendo la distribución de *Polylepis*: bosques Andinos vulnerables y cada vez más importantes. En: Revista Peruana de Biología. Agosto, 2012. vol.19, no.2, 5p.