

**PROYECTO DE GRADO EN MODALIDAD DE AUXILIAR DE INVESTIGACION
DISEÑO METODOLOGICO DE RESTAURACION DE LA RESERVA FORESTAL
CARPATOS
GUASCA - CUNDINAMARCA
COLOMBIA**



**AUXILIARES DE INVESTIGACION:
FANOR ALBERTO LOZADA SILVA
JULIAN DAVID PINZON GONZALEZ**

**DIRECTOR DE INVESTIGACION
EDGARD ERNESTO CANTILLO**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS
FACULTAD DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES
PROYECTO CURRICULAR DE INGENIERÍA FORESTAL
BOGOTA D.C.
MARZO 2006**

DEDICATORIA:

Este logro lo dedico a Dios por que es él quien me ha llevado de la mano
en busca de las metas alcanzadas.

A todo el equipo que me acompañó y brindó su apoyo
cuando las cosas parecían oscuras.

A mis padres que entregaron sus sueños para poder realizar los míos
y que sacrificaron su existencia para hacerme lo que hoy soy.

A mis abuelos que fueron más que una guía para conocer la vida, mis segundos
padres, quienes me brindaron tanto cariño como su apoyo incondicional.

A mis tíos por su gran ayuda y el aliento en los momentos difíciles.
Sin ellos esta meta no hubiese sido posible de alcanzar.

A la mujer que amo, con quien he compartido todo lo que tengo y lo que soy en
realidad,
quien me ha motivado a seguir adelante y con quien he crecido como persona.

A la Universidad que me enseñó como recorrer el camino
y de la que me llevo el mejor recuerdo y los mejores momentos.

Al Profesor Ernesto Cantillo quien siempre nos enseñó que las metas valen la pena
cuando el esfuerzo es memorable.

Alberto



DEDICATORIA:

A mi madre quien me hizo lo que soy
A Dios que me da la fuerza día a día
A mi familia que me formó y apoyó en los momentos difíciles
Al amor de mi vida que le da sentido al esfuerzo
A la universidad que me dio un significado de racionalidad y justicia social
Al profesor Cantillo por sus consejos y su paciencia
A mis amigos que nunca dijeron que no
Y al ángel que me cuida desde el cielo y a quien le dedico este logro

Julián

“La vida es aquello que ves pasar mientras planeas el futuro”



TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	5
INDICE DE TABLAS	12
INDICE DE FIGURAS	15
0. INTRODUCCIÓN	18
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	21
1.1. JUSTIFICACIÓN	21
1.2. OBJETIVOS	25
1.2.1 General	25
1.2.2 Específicos	25
1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	26
1.3.1 General	26
1.3.2 Específicas	26
2. LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN	27
3. MARCO TEORICO	28
3.1. MARCO HISTÓRICO	28
3.1.1 Situación Histórica de la Reserva	29
3.2. MARCO CONCEPTUAL	30
3.2.1 Descripción de la Zona	30
3.2.2 Factores del Medio Ambiente	31
3.2.2.1 Clima	31
3.2.2.1.1 Precipitación	31
3.2.2.1.2 Temperatura	31
3.2.2.1.3 Clasificación Climática y de la Vegetación	31
3.2.2.2 Relieve	32
3.2.2.3 Geología	32
3.2.2.4 Geomorfología	33
3.2.2.5 Suelos	33
3.2.2.6 Hidrografía	34
3.2.3 Restauración Ecológica	34



3.2.4 Descripción de Tipos de Vegetación	40
3.3. CONCEPTOS IMPORTANTES EN EL ESTUDIO	41
3.3.1. Vegetación	41
3.3.2. Comunidad Vegetal.....	41
3.3.3. Análisis Fisionómico - Estructural de la Vegetación	41
3.3.4. Análisis de la Vegetación	42
3.3.4.1 Estructura Vertical	42
3.3.4.2 Concepción Dinámica.....	43
3.3.4.3 Concepción Funcional	43
3.3.4.4 Concepción Estructural.....	44
3.3.5 Metodologías para la Evaluación de la Estructura Vertical	44
3.3.5.1 Métodos de Descripción Cualitativos	44
3.3.6. Índices a Partir de Características Fisionómicas	45
3.3.6.1 Estructura Horizontal	45
3.3.6.2 Índices de Importancia Ecológica	45
3.3.6.2.1 Abundancia.....	46
3.3.6.2.2 Frecuencia.....	46
3.3.6.2.3 Dominancia.....	46
3.3.6.2.4 Índice de Valor de Importancia (IVI).....	47
3.3.6.2.5 Cociente de Mezcla	47
3.3.6.2.6 Histogramas de Frecuencia	47
3.3.6.2.7 Índice de Predominio Fisionómico	47
3.3.7. Posición Sociológica	48
3.3.8. Análisis de la Vegetación	48
3.3.9. Diversidad	48
3.3.9.1 Índices de Diversidad	49
3.3.9.1.1 Índice de Shannon – Weaver.....	49
3.3.9.1.2 Índice de Equitatividad o Uniformidad.....	49
3.3.9.1.3 Índice de Simpson	50
3.3.9.1.4 Índice de Berger – Parker.....	50
3.3.10. Riqueza	52



3.3.10.1	Indices de Riqueza de Especies.....	52
3.3.10.1.1	<i>Indice de Margalef</i>	52
3.3.10.1.2	<i>Indice de Menhinick</i>	52
3.3.10.1.3	<i>Cociente de Mezcla de Holdridge</i>	52
3.3.11.	Análisis Multivariado.....	53
4.	SISTEMA TEORICO.....	55
4.1.	Hipótesis.....	55
4.2.	Variables.....	55
4.2.1	Independientes.....	55
4.2.2	Dependientes.....	56
5.	METODOLOGIA.....	57
5.1	FASE DE PREPARACION.....	57
5.2.	FASE DE CAMPO.....	57
5.3.	CARACTERIZACION DE LA VEGETACION MEDIANTE METODOS SINCRONICOS.....	58
5.4.	IMPLEMENTACIÓN DE TRATAMIENTOS.....	62
5.5.	FASE DE SISTEMATIZACION Y ANALISIS.....	65
5.5.1	Verificación de Especies.....	65
5.5.2	Clasificación de la Vegetación.....	65
5.5.3	Caracterización Fisionómico Estructural de la Vegetación.....	67
5.5.4	Riqueza y Diversidad.....	67
5.5.5	Ordenación de la Vegetación.....	68
5.5.5.1	Ordenación Mediante Parámetros Químicos del Suelo y Variables de Vegetación.....	68
5.5.5.2	Ordenación por Parámetros Físicos y de Vegetación.....	69
5.6.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	69
5.7	SISTEMA METODOLOGICO.....	72
6.	RESULTADOS.....	73
6.1	MODELAMIENTO SUCESIONAL.....	73
6.1.1	Aspectos Generales.....	73
6.1.1.1	Ubicación de Parcelas.....	73



6.1.1.3 Características Serales.....	76
6.1.1.3 Características Biofísicas	76
6.1.1.4 Información General de Parcelas	77
6.1.1.5 Información Comparativa.....	78
6.1.1.6 Análisis Faunístico.....	80
6.1.2 Estructura Sucesional	81
6.1.2.1 Caracterización Estructural.....	81
6.1.2.1.1 Abundancia.....	81
6.1.2.1.2 Frecuencia.....	84
6.1.2.1.3 Dominancia.....	86
6.1.2.1.4 Índice de Valor de Importancia	90
6.1.2.1.5 Diversidad y Riqueza.....	92
6.1.2.1.6 Otros Aspectos	93
6.1.2.1.6.1 Índice de Pielou	93
6.1.2.1.6.1 Histogramas de Abundancia de Braun - Blanquet.....	94
6.1.2.1.6.1 Histogramas de Frecuencia	95
CLASIFICACION DE FRECUENCIA POR ESPECIE	95
6.1.3 Caracterización Florística y Análisis Fitosociológico.....	96
6.1.3.1 Alianza Rubo floribundi - Pteridion aquilini.....	99
6.1.3.2 Asociación Rubo floribundi - Pteridietum aquilini	101
6.1.3.3 Asociación Solano inopini - Chusquetum scandentis.....	103
6.1.3.4 Alianza Miconio theaezantis - Myrcion coriaceae.....	105
6.1.3.5 Asociación Hedyosmo crenati - Myrsinetum coriaceae.....	108
6.1.3.6 Asociación Weinmannio pinnatae - Miconietum theaezantis.....	111
6.1.3.7 Síntesis Florístico Estructural del Seguimiento Sucesional.....	114
6.1.3.8 Dendrograma	115
6.1.4 Ordenación de Variables	116
6.1.4.1 Análisis Multivariado.....	116
6.1.4.1.1 Análisis de Componentes Principales (PCA)	116
6.1.4.1.2 Análisis de los Factores.....	118
6.1.5 Teorización Evolutiva	119



6.2 APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS.....	121
6.2.1 Aspectos Generales	121
6.2.1.1 Características Biofísicas	121
6.2.1.2 Reacciones Biofísicas	121
6.2.1.3 Logística de Aplicación	122
6.2.1.4 Estado del Material Vegetal.....	122
6.2.1.5 Capacidad de Recuperación.....	122
6.2.2 Composición Florística	122
6.2.3 Análisis Estadístico de Reacción.....	122
7. ANALISIS RESULTADOS.....	126
7.1 MODELAMIENTO SUCESIONAL	126
7.1.1 Aspectos Generales	126
7.1.1.1 Ubicación de Parcelas	126
7.1.1.2 Características Biofísicas	126
7.1.1.3 Información General de Parcelas	126
7.1.1.4 Información Comparativa.....	126
7.1.1.5 Análisis Faunístico.....	127
7.1.1.6 Factor Socio Cultural	131
7.1.2 Estructura Sucesional	133
7.1.2.1 Caracterización Estructural.....	133
7.1.2.1.1 Abundancia.....	133
7.1.2.1.2 Frecuencia.....	134
7.1.2.1.3 Dominancia.....	137
7.1.2.1.4 Índice de Valor de Importancia	137
7.1.2.1.5 Diversidad y Riqueza	139
7.1.2.1.6 Otros Aspectos	140
7.1.2.1.6.1 Índice de Pielou	140
7.1.2.1.6.1 Histogramas de Abundancia de Braun Blanquet.....	141
7.1.2.1.6.1 Histogramas de Frecuencia	142
7.1.3 Caracterización Florística y Análisis Fitosociológico.....	142
7.1.3.1 Alianza <i>Rubus floribundi</i> - <i>Pteridion aquilini</i>	142



7.1.3.2 Asociación Rubo floribundi - Pteridietum aquilini	144
7.1.3.3 Asociación Solano inopini - Chusquetum scandentis	148
7.1.3.4 Alianza Miconio theaezantis - Myrcion coriaceae.....	151
7.1.3.5 Asociación Hedyosmo crenati - Myrsinetum coriaceae	152
7.1.3.6 Asociación Weinmannio pinnatae - Miconietum theaezantis.....	154
7.1.3.7 Síntesis Florístico Estructural del Seguimiento Sucesional.....	155
7.1.3.8 Dendrograma	155
7.1.4 Ordenación de Variables	156
7.1.4.1 Análisis Multivariado	156
7.1.4.1.1 Análisis de Componentes Principales (PCA)	156
7.1.4.1.2 Análisis de los Factores.....	156
7.1.5 Teorización Evolutiva	157
7.2 APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS.....	161
7.2.1 Aspectos Generales	161
7.2.1.1 Características Biofísicas	161
7.2.1.2 Reacciones Biofísicas	162
7.2.1.3 Logística de Aplicación	163
7.2.1.4 Estado del Material Vegetal.....	164
7.2.1.5 Capacidad de Recuperación.....	165
7.2.2 Composición Florística	166
7.2.3 Análisis Estadístico de Reacción.....	166
7.3 PROPUESTA TÉCNICA PARA RESTAURACION ECOLOGICA.....	168
7.3.1 Importancia de los Resultados	168
7.3.2 Aspectos Generales de Consideración.....	168
7.3.3 Especies Importantes para la Restauración en las Primeras Seres.....	168
7.3.4 Puntos de Acción en el Proceso Sucesional.....	170
7.3.5 Aspectos Técnicos de Restauración.....	171
7.3.5.1 Plantación en Seres Medias	171
7.3.5.2 Implantación de Matrices de Semillas.....	173
7.3.5.3 Articulación Sucesional Faunística	173
7.3.5.4 Manejo de Suelos Altamente Degradados.....	174



7.3.5.5 Cordones de Manejo	174
7.3.5.6 Recuperación de Especies en Riesgo	175
7.3.6 Otras Consideraciones	175
7.3.7 Propuesta Metodológica para la Restauración de la Reserva Forestal Cárpatos	176
8. CONCLUSIONES	177
BIBLIOGRAFÍA.....	179
9. ANEXOS.....	184
9.1 TABLA DE ESPECIES.....	184
9.2 TABLA DE FAMILIAS	185
9.3 TABLA RESUMEN ANALISIS DE FAMILIAS	186
9.4 DATOS OBTENIDOS EN LOS MUESTREOS	189
9.5 Datos Clases Diamétricas	191
9.6 DIAGRAMA DE SORENSEN (DISTANCIAS / VARIABLES) “Biplot”	192
9.7 ANEXO FOTOGRAFICO	193
9.8 FORMATOS DE TOMA DE DATOS EN CAMPO.....	195
9.9 SÍNTESIS FLORÍSTICO ESTRUCTURAL DEL SEGUIMIENTO SUCESIONAL Y COMPARACION CON OTRAS COMUNIDADES	196
9.10 CRONOGRAMA GENERAL DE ACTIVIDADES	197
9.11 PERFILES DE VEGETACION.....	198



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Planteamiento de Levantamientos a Través de Etapas Serales.

Tabla 2. Planteamiento de Parcelas por Tratamiento.

Tabla 3. Transformación de Escalas de Cobertura y Clases de Presencia.

Tabla 4. Esquema para la Determinación de la Fidelidad de Especies de una Asociación.

Tabla 5. Ordenación de los Levantamientos a Partir de Parámetros Químicos del Suelo y Variables de Vegetación.

Tabla 6. Ordenación de los Levantamientos a Partir de Parámetros Físicos del Suelo y Variables de Vegetación.

Tabla 7. Ubicación de las Parcelas.

Tabla 8. Descripción de las Etapas Serales.

Tabla 9. Características Climáticas Medias en Levantamientos Serales.

Tabla 10. Número de Individuos, Especies, Géneros y Familias para el Área de Muestreo.

Tabla 11. Número de Individuos por 0.1 Hectáreas, en Diferentes Estudios.

Tabla 12. Número de Individuos por Hectárea en las Diferentes Seres y Levantamientos Similares.



Tabla 13. Número de Especies Promedio por Metro Cuadrado para Diferentes Estudios Realizados.

Tabla 14. Análisis de Fauna Presente en las Diferentes Etapas Serales.

Tabla 15. Abundancia por Especie a Través de la Sucesión.

Tabla 16. Frecuencia por Especie a Través de la Sucesión.

Tabla 17. Dominancia por Especie a Través de la Sucesión.

Tabla 18. Índice de Valor de Importancia por Especie a Través de la Sucesión.

Tabla 19. Índices de Diversidad y Riqueza en Diferentes Etapas Sucesionales.

Tabla 20. Índice de Pielou en Diferentes Etapas Sucesionales.

Tabla 21. Clasificación de Abundancia por Especies (Braun - Blanquet).

Tabla 22. Clasificación de Frecuencias por Especies.

Tabla 23. Tabla Fitosociológica de Vegetación Sucesional Reserva Forestal Cárpatos.

Tabla 24. Datos Generales de la Composición Florística de las Etapas Serales.

Tabla 25. Datos Estructurales de la Alianza Rubo Floribundi - Pteridion Aquilini.

Tabla 26. Datos Estructurales de la Asociación Rubo Floribundi - Pteridietum Aquilini.



Tabla 27. Datos Estructurales de la Asociación Solano Inopini - Chusquetum Scandentis.

Tabla 28. Datos Estructurales de la Alianza Miconio Theaezantis - Myrcion Coriaceae.

Tabla 29. Datos Estructurales de la Asociación Hedyosmo Crenati – Myrsinetum Coriaceae.

Tabla 30. Datos Estructurales de la Asociación Weinmannio Pinnatae - Miconietum Theaezantis.

Tabla 31. Síntesis de Características y Parámetros Florístico Estructurales.

Tabla 32. Valores Propios (Eigenvalues) de la Matriz de Correlación. (Parámetros Físicos y Químicos del Suelo Asociados a la Vegetación).

Tabla 33. Valores Propios (Eigenvalues) de la Matriz de Correlación. (Parámetros Físicos y Químicos del Suelo Asociados a la Vegetación).

Tabla 34. Características biofísicas de las zonas seleccionadas.

Tabla 35. Resultados (Datos Medios en Repeticiones de Número de Propágulos).

Tabla 36. Análisis de Varianza de Doble Vía.

Tabla 37. Análisis de Diferencias de Tratamiento.



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación Figura Diseño Experimental en Bloques al Azar

Figura 2. Sistema Metodológico.

Figura 3. Ubicación espacial de Parcelas y Distanciamiento Medio de Bosque.

Figura 4. Abundancia de Especies en Análisis Sucesional.

Figura 5. Frecuencia de Especies en Análisis Sucesional.

Figura 6. Dominancia de Especies en Análisis Sucesional.

Figura 7. Índice de Valor de Importancia de Especies en Análisis Sucesional.

Figura 8. Índice de Valor de Importancia Comparativo para Especies con Mayor Valor.

Figura 9. Índice de Pielou en Diferentes Etapas Sucesionales.

Figura 10. Histograma de Abundancia.

Figura 11. Histograma de Frecuencia.

Figura 12. Valores de Frecuencia, Dominancia y Abundancia de la Alianza Rubo floribundi - Pteridion aquilini.

Figura 13. Índice de Valor de Importancia de la Alianza Rubo floribundi - Pteridion aquilini.



Figura 14. Valores de Frecuencia, Dominancia y Abundancia de la Asociación *Rubus floribundus* - *Pteridium aquilinum*.

Figura 15. Índice de Valor de Importancia de la Asociación *Rubus floribundus* - *Pteridium aquilinum*.

Figura 16. Valores de Frecuencia, Dominancia y Abundancia de la Asociación *Solanum inopinum* - *Chusquea scandens*.

Figura 17. Índice de Valor de Importancia de la Asociación *Solanum inopinum* - *Chusquea scandens*.

Figura 18. Valores de Frecuencia, Dominancia y Abundancia de la Alianza *Miconia theaezantis* - *Myrcia coriacea*.

Figura 19. Índice de Valor de Importancia de la Alianza *Miconia theaezantis* - *Myrcia coriacea*.

Figura 20. Valores de Frecuencia, Dominancia y Abundancia de la Asociación *Hedyosmum crenatum* - *Myrsine coriacea*.

Figura 21. Índice de Valor de Importancia de la Asociación *Hedyosmum crenatum* - *Myrsine coriacea*.

Figura 22. Valores de Frecuencia, Dominancia y Abundancia de la Asociación *Weinmannia pinnata* - *Miconia theaezantis*.

Figura 23. Índice de Valor de Importancia de la Asociación *Weinmannia pinnata* - *Miconia theaezantis*.

Figura 24. Dendrograma "Análisis de Levantamientos".



Figura 25. Scree Plot de la Matriz de Correlación. (Parámetros Físicos y Químicos del Suelo Asociados a la Vegetación).

Figura 26. Correlación del Análisis del Factor Principal; Factor 1 vs. Factor 2. (Parámetros Físicos y Químicos del Suelo Asociados a la Vegetación).

Figura 27. Teorización Evolutiva en Función del Tiempo.

Figura 28. Reacción a Tratamientos.

Figura 29. Evolución Sucesional del Proceso Sérico Sincrónico Determinado.

Figura 30. Evolución del Proceso Sucesional de la Reserva Forestal Cárpatos.

Figura 31. Esquema Técnico de Plantación en Seres Medias.

Figura 32. Propuesta Metodológica para la Restauración de la Reserva Forestal Cárpatos.



0. INTRODUCCIÓN

De 114 millones de hectáreas de extensión continental con que cuenta nuestro país, alrededor de 64 millones de hectáreas están cubiertas por bosques naturales (IDEAM, 1997). La diversidad de ecosistemas forestales sustenta en gran proporción la "megadiversidad" de la nación, la cual representa el 10% de la biodiversidad mundial (Colciencias, 1999).

De igual manera, Colombia es el séptimo país respecto a la "frontera forestal" del globo (FAO, 1990, citado por Sánchez, 2000) y el segundo con el mayor número de especies de plantas en su interior (WRI, 1997).

La cada vez más notoria preocupación de la humanidad por los recursos naturales como constituyente fundamental de la vida sobre la tierra, ha hecho que el hombre empiece a crear mecanismos que le permitan, sino regenerar completamente los ecosistemas degradados, por lo menos si acelerar de alguna manera los procesos naturales de recuperación.

Debe tenerse en cuenta que en ecosistemas afectados de forma directa o indirecta por acciones antrópicas, se hace necesaria la toma de medidas y acciones tanto sociales como económicas y políticas, dando un enfoque científico y técnico en procura de la rehabilitación y restauración de áreas naturales buscando la reactivación de dinámicas que logren llevar el conjunto hacia estados más evolucionados y por tanto resistentes.



El modelo de restauración ecológica del bosque a emplearse, depende de su estado sucesional y del tipo de vegetación que lo rodean; por esta razón, se plantean ciertas metodologías y estrategias que acordes con la situación analizada, son empleadas para proveer a los factores medio ambientales como el suelo, el clima y la vegetación, las condiciones optimas para que se lleve a cabo una reconstrucción, sino completa del entorno, lo más cercana posible a sus características iniciales.

El Presente proyecto toma como base los avances científicos obtenidos en la investigación titulada “Caracterización florística, estructural, diversidad y ordenación de la vegetación, en la Reserva Forestal Cárpatos, Guasca Cundinamarca”, financiada por el Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital (CIDCUD), planteándose ésta como segunda fase de investigación con fines de restauración de la Reserva Forestal Cárpatos, dando así continuación al mismo proceso.

Este trabajo de investigación está enfocado a cumplir con las metas impuestas para restaurar de forma paulatina la Reserva Forestal Cárpatos, intentando acelerar dicho proceso en sus etapas iniciales y en las zonas vegetales más degradadas. Llevar a cabo la restauración de zonas tan importantes como esta, sin duda representan grandes beneficios ambientales y económicos para las poblaciones vecinas, ya que al devolverle al bosque su estructura y funciones originales, los bienes y servicios que este puede ofrecer, pueden sin duda influir en el desarrollo de las mismas.

Identificando las especies que podrían ingresar dentro del proceso de sucesión natural en el área de influencia de la Reserva Forestal Cárpatos, se pretende estimular la re-vegetalización natural de una cubierta densa, que permita de forma rápida el establecimiento de nuevos individuos con fines de llevar el bosque a etapas sucesionales más avanzadas que con el correr del tiempo y la regulación de sus características tiendan al clímax.



Es de vital importancia para las actuales poblaciones la protección de las áreas productoras de agua y aire; perteneciendo la reserva a la zona de captación de la cuenca del río Guavio (Cantillo *et al.*, 2005), el que genera toda una serie de beneficios para las poblaciones que dependen de este, proteger el recurso y conservarlo para generaciones futuras, debe ser un compromiso inmediato.



1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. JUSTIFICACIÓN

La Reserva Forestal Cárpatos hace parte de las áreas ecológicamente afectadas por prácticas culturales, enfocadas a la explotación ganadera y maderera durante más de 50 años. Está ubicada en la vertiente oriental de la cordillera oriental en la zona que corresponde a la región natural del Guavio (Cantillo *et al.*, 2005).

De las 558 hectáreas que componen la reserva, actualmente 185 están cubiertas con pastos Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y Poa (*Holcus lanatus*), competidores agresivos y provistos de alelopatía que dificultan el establecimiento de especies leñosas, haciendo más lenta y pausada la regeneración natural y dificultando el avance sucesional y la estabilización del ecosistema (Cantillo *et al.*, 2005).

Según Richards (1975), citado por Lamprecht (1990), los bosques pluviales tropicales originales habrán desaparecido de la faz de la tierra a finales del pasado siglo y comienzos de este, exceptuando a los que gozan de protección especial como reservas.

La errada concepción en la cultura del país sobre la disponibilidad ilimitada de recursos ha llevado a los ecosistemas boscosos a ser vistos como una reserva para la ampliación de fronteras y un banco de tierras disponibles para la producción. Esto ha conducido a una tasa muy acelerada de deforestación con lo cual el país ha perdido, de manera significativa, la capacidad de regulación y retención de agua (Colciencias, 1999).



Además de la problemática hídrica global, cabe anotar que la Biodiversidad como factor de suma importancia para el ecosistema ha sido afectada en grandes proporciones, lo que directamente se relaciona con la extinción y la falta de conocimiento sobre los ecosistemas como unidad biológica (Colciencias, 1999).

Lo anterior se relaciona con el desconocimiento desde el punto de vista científico en el que se encuentran los piedemontes de los Andes Tropicales (Haffer, 1967); por lo tanto, Colombia es considerado como uno de los países menos conocidos en lo florístico (Forero, 1985; Croat, 1992), siendo las plantas después de los invertebrados, el más rico grupo de la biota del país.

En Colombia, las selvas de cordillera se ven sometidas a una gran presión de transformación debido a la expansión de la frontera ganadera y agrícola. A pesar de esta situación, aun quedan en nuestro país un millón de hectáreas de selva andina, las que representan el 0,88% del territorio nacional. Muchas de estas selvas están constituidas por áreas muy fragmentadas, intervenidas por cortadores selectivos y amenazadas por fuegos anuales frecuentes (Carrizosa, 1990).

En los bosques lluviosos neotropicales los disturbios de origen antrópico aumentan la invasión de miembros de hemiparásitos de Lorantháceas y en lugares desmontados muchas veces invaden las malezas incluyendo algunos pastos y Ciperáceas (Acosta, 1984, citado por Salamanca, 2000).

La estructura espacial y los factores generadores de heterogeneidad a diferente escala, han sido estudiados principalmente en las tierras bajas y muy poco en las montañas tropicales, que siguen siendo uno de los ecosistemas menos conocidos del trópico (Stadtmuller, 1987).

En las montañas, la heterogeneidad espacial puede entenderse como el resultado de perturbaciones cuyos efectos en las comunidades bióticas y ecosistemas varían de acuerdo con su magnitud, intensidad y tasa de ocurrencia (Andrade, 1993).

Existen grandes diferencias en la capacidad de respuesta de los bosques naturales



a las perturbaciones; según Ewel (1980), las tasas de recuperación son menores cuando las condiciones ambientales de temperatura, precipitación y la calidad de los suelos son extremas.

Los Andes tropicales pueden ser considerados como la región que posee la mayor diversidad de especies del trópico, conteniendo entre 30 y 40 mil especies de plantas, más de lo que se encuentra en la Amazonia (Gentry, 1982).

Las selvas húmedas de montaña de los Andes tropicales contienen el 6.3% de las aves del mundo en el 0.2% de la superficie terrestre (Fjeldsa y Krabbe, 1990). En las montañas, los bosques nublados, están considerados entre los tipos de vegetación menos conocidas y más amenazadas del trópico (Gentry, sin publicar).

Uno de los aspectos más preocupantes sin duda alguna son las proporciones en que se encuentran los bosques de las montañas Andinas, puesto que en Colombia no queda más del 5% del área que ocupaban en un principio, dado a que han sido sometidos en su mayoría, al uso agrícola sin ningún tipo de consideraciones en cuanto a su composición, estructura y biodiversidad (Andrade, 1996).

En el límite superior de los bosques montanos, las tasas de regeneración alcanzan los niveles más bajos conocidos para los bosques húmedos tropicales (Ewel, 1980).

Los factores ambientales que producen tasas tan bajas de regeneración en las tierras más altas son el congelamiento (Byer y Weaver, 1977), la poca producción de semillas y la baja dispersión (Ewel, 1980), la baja tasa de transpiración debido a la atmósfera saturada que inhibe el crecimiento y las intensidades de luz, muy bajas debido a la continua presencia de nubes y la escarcha (Corlett, 1987).

El contenido relativamente bajo de nutrientes del suelo en comparación con sitios de tierras bajas, también puede ser la causa de la baja tasa de crecimiento de los bosques montanos tropicales (Tanner, 1985).



Con base en lo anterior, algunos autores han propuesto que los bosques situados en el límite superior en las montañas tropicales, o por encima de este, son los ecosistemas más frágiles y con menos resistencia de los trópicos húmedos (Ewel, 1980).

Se debe tener en cuenta que el impacto ecológico negativo asociado a la intervención antrópica durante el anterior periodo de intervención en la Reserva Forestal Cárpatos deja un saldo de 185 Hectáreas que de bosque natural pasaron a ser pastizales extensos, desprovistos de estratos arbóreos y coberturas boscosas, impidiendo así también la regeneración del ecosistema original (Cantillo *et al.*, 2005).

Es por tanto importante mantener y recuperar las masas boscosas de la reserva. Sin embargo, el rendimiento sistemático y ecológico de estas es menguado puesto que las condiciones actuales de la sucesión que tiene lugar allí, son limitadas por condiciones del medio, para lo cual se investigaran planteamientos y estrategias que lleguen a la formulación de un protocolo de restauración aplicable en su mayoría a la reserva, para así facilitar el trabajo del sistema al llevarlo paulatinamente a una mayor evolución fitosociológica y a la eficiencia que debe concernirle a un ecosistema con estas características.

Debido a que el presente trabajo de investigación basa su conocimiento y desarrollo en una temática tan reciente y poco estudiada como la restauración ecológica, el conocimiento que aportará será nuevo y por lo tanto valioso; este pretende servir de base para iniciar trabajos de restauración en áreas que posean características similares a las de la Reserva Forestal Cárpatos.



1.2. OBJETIVOS

1.2.1 General

Lograr diseñar a partir de un modelo metodológico de investigación, un protocolo de restauración para la Reserva Forestal Cárpatos, localizada en el municipio de Guasca, Cundinamarca.

1.2.2 Específicos

Identificar los mejores tratamientos de manejo sobre gramíneas invasoras, que permitan el establecimiento de especies pioneras y faciliten la recuperación paulatina de las áreas degradadas.

Determinar las características físicas, químicas y biológicas en diferentes unidades de suelo de la reserva, con el fin de observar si estos presentan patrones destacables y a su vez, si poseen influencia en el comportamiento de la sucesión vegetal.

Identificar sincrónicamente las etapas serales de la dinámica sucesional que se presenta en el área de estudio, a partir de un muestreo selectivo.

Proponer las bases o lineamientos de un protocolo de restauración para la reserva, acorde con los procesos de uso del suelo, comunes en el área de influencia, que puedan servir para la recuperación de áreas con condiciones similares a las presentes en la reserva.



1.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 General

¿El modelo metodológico de investigación que se propone en la Reserva Forestal Cárpatos, generará el conocimiento suficiente para elaborar un protocolo de restauración para esta zona?

1.3.2 Específicas

¿Hay tratamientos de manejo sobre gramíneas invasoras que permitan el establecimiento de especies pioneras facilitando así la recuperación de áreas degradadas?

¿El comportamiento de los suelos de diversos sitios de la reserva Forestal Cárpatos varía significativamente en sus características físicas, químicas y biológicas?

¿Pueden identificarse las etapas serales de la dinámica sucesional a partir de un análisis sincrónico de la vegetación de la reserva?

¿Es factible elaborar un protocolo de restauración para la reserva, acorde con los procesos del uso del suelo, que pueda servir para recuperar áreas en condiciones similares?



2. LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN

Debe tenerse en cuenta que es notoria la falta de investigaciones y experiencias que contemplen y analicen situaciones y condiciones similares a las encontradas en la reserva. Por esto se puede decir que el comportamiento sucesional y la restauración de este tipo de ecosistemas en esta franja altitudinal no han sido muy documentadas desde el punto de vista ecológico en nuestro país.

Uno de los factores limitantes de mayor importancia en el logro de los objetivos de una investigación de este tipo, sin duda alguna es el tiempo, debido a que los resultados, aunque guiados por los investigadores, se han de obtener en grandes lapsos de tiempo, pues la dinámica sucesional es la que determina el grado de restauración al que han de llegar las áreas afectadas y el bosque.

Como es lógico, en experimentos que han de llevarse a cabo en el campo, no se pueden controlar toda una serie de variables medioambientales y climáticas que pueden influir en el comportamiento de las especies a propagar; esto puede generar sesgos en el momento de la obtención de resultados cuantificables.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente estudio ayudará a subsanar la deficiente documentación existente respecto a las temáticas desarrolladas.



3. MARCO TEORICO

3.1. MARCO HISTÓRICO

Los bosques que corresponden al área Andina de Colombia son unos de los más desconocidos en cuanto a su caracterización fisionómica y fitogeográfica; esto conlleva a bajo conocimiento de las especies y su ecología.

Sin embargo, se han realizado ya, trabajos como el de Lozano (1996), en el Parque Nacional Natural Munchique, ubicado en el Departamento del Cauca (Colombia), el que se encuentra localizado entre 1800 y 3050 msnm. Este consistió, en realizar un análisis florístico (biodiversidad vegetal) en este sitio, dejando como resultado, la información completa de 745 especies encontradas, lo que sirvió para caracterizar el tipo de bosque y compararlo con otros que se encontraran en el mismo rango altitudinal.

Otra investigación importante, es la que se lleva a cabo en la Reserva Carpanta, ubicada en Cundinamarca (Colombia) entre los 2340 y 3340 msnm, la que contribuye a dar pautas de manejo de esta y otras reservas con características similares (Andrade, 1993).

En cuanto al análisis fitosociológico, el proyecto Eco-andes ha logrado identificar las comunidades en cuatro transectos de la cordillera de los Andes en Colombia (Van der Hammen, 1984).



En la transición de la selva Andina y el Páramo en la reserva Carpanta, en Cundinamarca, López *et al.*, (sin publicar), describieron la comunidad de pequeños mamíferos más diversa de las tierras altas de los Andes con 11 especies encontradas.

Fernández (1978), intentó hacer una lista de las especies vegetales en peligro de extinción, de las cuales 24 eran Melastomatáceas, 15 Piperáceas y 14 Malphigiáceas, familias que se puede encontrar en la Reserva Forestal Cárpato; algunas se volvieron muy raras después de introducir pastos como el kikuyo (*Pennisetum clandestinum*), en las tierras frías, el mismo que se encuentra en grandes áreas de la reserva.

En la Reserva Forestal Cárpato ubicada en el municipio de Guasca, en Cundinamarca, Cantillo *et al.*, (2005) realizaron la caracterización florística, estructural, diversidad y ordenación de la vegetación natural de la reserva; además, identificaron y caracterizaron las comunidades allí presentes. Este trabajo es la base para comenzar esta, la segunda fase de la investigación, la que tiene como fin iniciar los procesos de restauración de las áreas degradadas de la reserva.

Estas investigaciones dan una pauta general sobre el recurso biológico que se pretende estudiar, sirviendo como base para futuras experiencias sobre el bosque.

3.1.1 Situación Histórica de la Reserva

En un principio, la reserva estuvo dividida en varias parcelas pertenecientes a diferentes propietarios. Tiempo después gran parte de esta zona fue adquirida como propiedad privada usándola para extraer madera de algunas especies presentes, valiosas por sus diversos usos; este es el caso del Encenillo (*Weinmannia pinnata*, *Weinmannia tomentosa* y *Weinmannia balbisiana*.), Estoraque (*Beilschmiedia pendula*), Granizo (*Hedyosmum crenatum*), Amarillo (*Nectandra mollis*), entre otras (Cantillo *et al.*, 2005).



Entre la fauna que habitaba esta región era posible encontrar águila, atrapamoscas, azulejo de monte, gallinazo, polla de agua, ardilla, armadillo, oso de anteojos, curí, coatí, danta, cusumbo, mono y venado de páramo, entre otros.

Tiempo después esta zona fue adquirida por la industria de lácteos La Alquería, los que la utilizaban para la cría del ganado y la posterior producción de lácteos.

En última instancia, esta zona fue adquirida por *Corpoguavio* a inversiones *Junin* Ltda. en 1999, con el fin de mantenerla como una zona de protección que aproximadamente cuenta con una extensión de 558 Ha dentro de las cuales se cuentan 373 hectáreas (67% de la zona) cubierta por bosques representativos de la flora andina y 185 hectáreas (33%) cubiertas por pastos Kikuyo y Poa (*Pennisetum clandestinum* y *Holcus lanatus*), entre otras especies invasivas.

3.2. MARCO CONCEPTUAL

3.2.1 Descripción de la Zona

La reserva se encuentra en la zona Bosque Alto Andino (Cuatrecasas, 1958), con una altitud de 3000 msnm. y una precipitación media anual de 1.977 mm, la temperatura no supera los 16°C. Latitud norte 4° 47 minutos, longitud oeste 73° 40 minutos, se ubica en cercanías a los municipios de Junín y Guasca, localizados a 97 y 51 Km. de Bogotá respectivamente, su topografía es montañosa, la que corresponde a la cordillera oriental, destacándose como accidentes orográficos los cerros de los Robles. Sus tierras son bañadas por los ríos Guavio y Sueva entre otros (Cantillo *et al.*, 2005).

En la zona, los principales cultivos son de maíz, frijol, papa, café y arveja, explotándose también minas de caliza.



Es una zona de baja evapotranspiración y alta condensación. La vegetación que allí puede encontrarse va desde Amarillos (*Nectandra mollis*), tunos (rojos, negros y rosos), Estoraque (*Beilschmiedia pendula*), Helecho arbóreo (*Trichipterys frigida*), hasta muchas epifitas, helechos e invasión de Chusque (*Chusquea scandens*) (Cantillo *et al.*, 2005).

3.2.2 Factores del Medio Ambiente

3.2.2.1 Clima

3.2.2.1.1 Precipitación

La precipitación media anual es alrededor de 1.772 mm anuales (promedio entre los años 1980 al 1999). Se presentan lluvias en todos los meses del año, con mayor intensidad entre los meses de abril a septiembre y una época más seca en diciembre y enero. Los valores máximos se presentan entre junio y julio y los mínimos en enero (Cantillo *et al.*, 2005).

3.2.2.1.2 Temperatura

La temperatura media anual, según el gradiente por altitud es aproximadamente de 12°C, con posibles variaciones diarias de 10°C. (Cantillo *et al.*, 2005). Dentro del bosque, las temperaturas promedio son un poco más bajas al igual que sus oscilaciones diarias y anuales (Lamprecht, 1990).

3.2.2.1.3 Clasificación Climática y de la Vegetación

Según la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge (1978), el predio está localizado en la zona de vida Bosque húmedo montano bajo (bh-MB), siendo el Bosque Andino de Cuatrecasas (1958). Según la clasificación climática de Caldas –



Lang, esta corresponde a una zona Fría Húmeda (FH). Según Köppen, el clima es húmedo, frío, sin estación seca marcada (Gf).

Generalmente, esta formación se encuentra limitando en el nivel inferior con el bosque seco montano bajo. Aunque no está muy extendida en el país, es posible encontrarla en casi toda la cordillera oriental. Se presenta en la ceja de montaña que rodea la sabana de Bogotá, formando el nivel inferior de los dos ramales, que al separarse en el páramo de Sumapaz, encierran la sabana (Espinel y Montenegro, 1963).

3.2.2.2 Relieve

El relieve de los suelos es ondulado a plano con algunas pendientes fuertes en el flanco oriental sobre los ríos Cárpatos y Blanco (Cantillo *et al.*, 2005)

3.2.2.3 Geología

La zona en cuestión presenta especiales formaciones geológicas, con un enrejado estructural específico que la hacen especialmente susceptible a la actividad antrópica. En general en la zona se presentan las siguientes formaciones:

Formación Guadalupe Superior: La unidad litológica más antigua que se observa en el área de estudio está constituida fundamentalmente por calizas y areniscas duras de edad Cretácica Superior (95 - 65 ma) (Cantillo *et al.*, 2005).

Formación Guaduas: La siguiente unidad es una espesa secuencia de arcilolitas abigarradas, generalmente rojizas de especial conformación topográfica. Contienen arcillolitas, limolitas, niveles de carbón y sal de especial significación ambiental puesto que son los corredores desmontados, praderizados y expuestos altamente a la actividad erosiva (Cantillo *et al.*, 2005).



Cuaternario: Representado por los sedimentos más recientes, los que se pueden agrupar según su origen así: sedimentos aluviales de corrientes fluviales, que provienen de las partes altas como Palacio, sedimentos límnicos de los laguitos de un proceso de colmatación, sedimentos fluvio - glaciales de la parte más baja del predio que incluyen sedimentos coluviales, de grandes bloques que discurren con un paralelismo típico indicando líneas de flujo glacial (Cantillo *et al.*, 2005).

3.2.2.4 Geomorfología

El sector objeto de estudio, comprende la parte más alta, de los afluentes principales de la cuenca del Guavio, en el sentido SE-NE.

En el área se pueden reconocer tres grandes unidades geomorfológicas muy diferentes entre sí. La parte montañosa de más alta pendiente, la zona de transición de recarga de altibajos y reconfiguración morfológica y la zona baja inundable (Cantillo *et al.*, 2005).

3.2.2.5 Suelos

En general, son suelos jóvenes con influencia de ceniza volcánica en sus primeros horizontes. El relieve ha influido en la dispersión y acumulación de las cenizas y constituye un factor importante a la susceptibilidad a la erosión.

Se encontraron básicamente dos tipos de suelos: Typic Humitropept y Typic Dystropept que son moderadamente profundos a superficiales, bien drenados, de alta acidez, friables, con bajos contenidos de carbono, de una fertilidad mediana a baja (Cantillo *et al.*, 2005).

Las causas primarias de la erosión están relacionadas con la génesis de los suelos, la topografía, las condiciones climáticas y las prácticas poco conservacionistas por parte de los campesinos.



Las causas inmediatas de la erosión se originan en los procesos de explotación de bosques para la extracción de maderas comerciales y de uso doméstico y la apertura de potreros en áreas de vocación forestal (Cantillo *et al.*, 2005).

3.2.2.6 Hidrografía

El predio está atravesado en dirección sureste por el río Cárpatos, el cual en la cartografía aparece denominado indistintamente como río Balcón o río Barandillas. En realidad, son estos dos ríos los que se unen antes de entrar a la finca para originar el Cárpatos. A este fluyen numerosas quebradas que nacen dentro o fuera del área de la reserva (Cantillo *et al.*, 2005).

3.2.3 Restauración Ecológica

Mediante la investigación científica, técnicas de regeneración asistida para los bosques se han ido implementando, teniendo en cuenta sus características tanto florísticas como estructurales.

La sucesión ecológica es el proceso de desarrollo del ecosistema en la búsqueda de una mayor productividad, biomasa, complejidad, estabilidad y control del ambiente por los seres vivos. La sucesión se caracteriza por el reemplazamiento de unas especies por otras en un lugar a través del tiempo. La sucesión, entonces, puede definirse como una serie de cambios del ecosistema en un área dada, que conducen progresivamente hacia una estructura y composición más complejas de la comunidad (Holdridge, 1978).

Restauración ecológica es sinónimo de sucesión asistida (o regeneración asistida). La restauración ecológica es el restablecimiento artificial, total o parcial de la estructura y función de ecosistemas deteriorados por causas naturales o antrópicas. Opera por medio de la inducción de transformaciones ambientales, lo que implica el



manejo de factores físicos, bióticos y sociales. (Salamanca, 2000). Suele definirse la restauración como una táctica empleada para devolver áreas degradadas a su condición inicial (Schreckenberget al., 1990, citado por Salamanca, 2000).

Al respecto CIAT (1986), citado por Gaona y Pulido (1989), menciona que la re-vegetalización consiste en lograr establecer una cubierta densa y permanente de plantas, que tengan un sistema radicular capaz de profundizar el perfil del suelo.

La sucesión en los bosques tropicales es dinámica y probabilística y puede ser iniciada por el hombre o por el medio ambiente (Budowski, 1961).

La sucesión puede ser primaria, cuando ocurre sobre un sustrato desnudo, como en el caso de rocas, islas recién formadas. En estos casos la sucesión es el paso de un ambiente físico en su totalidad, afectado por las condiciones circundantes, hasta uno con características netamente bióticas (Matteucci y Colma, 1982).

La sucesión secundaria es la que se da en ecosistemas perturbados, comenzando por los remanentes de vegetación que la perturbación ha dejado. Ocurre en diversas situaciones, tales como incendios forestales, talas o caídas de árboles en el bosque, entre otras (Matteucci y Colma, 1982).

En tales casos la sucesión parte del potencial biótico superviviente como semillas, plántulas, y algunos adultos. Después del tiempo y pasando por diferentes estados sucesionales, el ecosistema retorna a un estado que si bien no es el inicial, se parece mucho en su composición a su estado inicial (Matteucci y Colma, 1982).

Scheckenberget al., (1990), citado por Salamanca (2000), identifica la restauración pasiva como la regeneración de un ecosistema por sí mismo cuando se suprimen los factores generadores de la degradación, un ejemplo de este caso es la regeneración natural de ecosistemas que son abandonados luego de recurrentes alteraciones.



Byer y Weaver (1977), encontraron que los primeros 30 años de sucesión están dominados por gramíneas, plantas herbáceas y algunos arbustos, presentando tasas extremadamente lentas de regeneración. En los casos en que el suelo había sido excesivamente lavado, las gramíneas persistieron y no ocurrió regeneración en el bosque.

Shantz citado por Van Dersal (1938), citado a su vez en Salamanca (2000), afirma que: “una profunda comprensión del clímax de la vegetación natural y de los estados secundarios que conducen a su restablecimiento cuando aquél ha sido destruido, es la mejor base para un programa de revegetalización y control de la erosión”.

La alteración es cualquier pérdida tanto funcional o estructural del ecosistema a consecuencia de una perturbación. Los ecosistemas maduros pueden ser alterados en diversos grados, cambiando el uso del suelo y ocasionando la transmutación de bosques tropicales en terrenos agrícolas o de estos en tierras marginales, lo que impulsa la alteración de nuevos ecosistemas vírgenes para satisfacer las demandas de poblaciones crecientes (Lamprecht, 1990).

La restauración de ecosistemas deteriorados abarca todo el proceso inverso a la alteración, siendo una actividad humana en apoyo al restablecimiento de los atributos estructurales y funcionales del ecosistema. Lo esencial de la rehabilitación es el restablecimiento de los procesos ecológicos esenciales que permiten que el ecosistema se mantenga y regenere por su cuenta en un tiempo adecuado (Salamanca, 2000).

En general, cualquier adecuación que haga al ambiente más favorable para otra especie que para sí misma, constituye una facilitación y un atributo dinamogénico de la especie facilitadora, pues impulsa la sucesión. Todas estas estrategias pueden ser copiadas por el hombre dentro de técnicas restauración para la inducción física, química o biótica de la sucesión (Salamanca, 2000).



La sucesión, en teoría, puede llegar hasta una etapa en que la energía-agua-nutrientes disponibles y la capacidad de adecuación de las poblaciones ya no puede producir más cambios en el ambiente y las poblaciones adaptadas al medio finalmente producido se auto reemplazan, manteniéndose indefinidamente, lo cual se conoce como clímax de la sucesión (Salamanca, 2000).

Sin embargo, también puede ocurrir, y de hecho es frecuente, que una intensa y prolongada perturbación, degrade las condiciones ambientales hasta el punto en que el ecosistema ya no puede regenerarse (Lamprecht, 1990).

En los bosques húmedos casi todas las especies son dispersadas por animales. Y por lo general los animales que dispersan las semillas en los bosques húmedos, no acostumbran salir muy a menudo de su seguro hábitat en el bosque, hacia los sitios desprovistos de vegetación (Lamprecht, 1990).

La superficie de los bosques pluviales secundarios y empobrecidos se encuentra en constante aumento debido a las actividades humanas en las regiones tropicales. Si continua tal tendencia, en unas décadas este tipo de bosques alterados constituirán la mayor parte de los bosques existentes en los trópicos (Lamprecht, 1990).

Cabe mencionar que el efecto del crecimiento en borde en los bosques húmedos, se debe por lo general a la falta de micorrizas en áreas alejadas del bosque y muchas veces las pequeñas manchas de alguna especie que se pueden observar entre los potreros, se deben a que en ese sitio existía un tronco de algún árbol que contenía en sus raíces las micorrizas necesarias para su establecimiento (Janzen, 1994).

Otro factor importante a tomar en cuenta a la hora de hablar de restauración de bosques tropicales a partir de pastizales, es la fuerte competencia que se va a dar



entre el pasto y los árboles ha establecer, tanto por nutrientes como por la luz del sol.

Los tipos de pastos presentes en el área a restaurar y las especies arbóreas que se han de utilizar en plantación, son factores determinantes en el proceso (UNESCO, PNUMA, FAO, 1980).

En algunas ocasiones se pueden observar pastos que crecen en sepas, las cuales facilitan que algunas especies leñosas se adapten a crecer en un nuevo ambiente, pero en otras ocasiones predominan otras especies de pasto altamente competitivas, que crean una especie de "colchón", por acumulación de biomasa en el suelo, que muchas veces puede ser una de las causas que dificulta o inhibe el crecimiento de los árboles (UNESCO, PNUMA, FAO, 1980).

Las especies de árboles que se utilizaran en un proceso de restauración dirigida de pastizales a bosques, es uno de los elementos importantes ha considerar a la hora de diseñar la estrategia de restauración, siendo las especies más recomendables las heliófitas efímeras (pioneras) y heliófitas durables de crecimiento muy rápido para que formen un primer dosel cerrado, que promueva la eliminación de los pastos y además de ello se considera valioso que sean en su mayoría especies leguminosas (fijadoras de nitrógeno). Además de estos tipos de especies sería recomendable utilizar también especies esciófitas, las cuales por su comportamiento ecológico crecerán y se establecerán por más tiempo en el ecosistema, llegando a permanecer un plazo de tiempo más largo, y conformando cuando las especies pioneras mueran, los árboles del dosel superior (UNESCO, PNUMA, FAO, 1980).

En las áreas que se dejan abandonadas, se inicia una sucesión reestructuradora que conducirá de matorrales a bosque climácico, pasando por el estadio de bosque secundario. Paralelamente se regenera el suelo mediante el incremento de del contenido de humus, a través de la entrada de bioelementos desde la atmósfera, de



enriquecimiento de Nitrógeno por leguminosas, del enraizamiento más profundo, de la fijación de los nutrientes en la biomasa que impide mayores pérdidas.

En casos extremos en que la explotación ha sido persistente durante mucho tiempo, la extracción de nutrientes ha sido tan grande o bien la erosión tan intensiva, se produce una degradación irreversible del suelo (Rehm, 1973).

En vez de una sucesión progresiva, se originan asociaciones permanentes de gramíneas duras que impiden la regeneración y el establecimiento de plantas leñosas, teniéndose al fin, zonas improductivas de pastos duros (Rehm, 1973).

En síntesis, la restauración ecológica se aborda como un proceso de reconstrucción estructural y funcional del ecosistema, siguiendo los patrones espaciotemporales propios de la sucesión natural, pero inducidos y acelerados gracias a que el manejo por el hombre permite elevar las probabilidades y precipitar la ocurrencia de cada evento dentro de la secuencia, acortando la duración total del proceso.

Aunque ya se explicó lo que es y en que consiste la restauración ecológica, esta, en definición puede confundirse con la revegetalización o la reforestación, que son estrategias de restablecimiento de la cobertura vegetal y forestal en la que se emplean diversos biotipos, desde herbáceos y arbustivos hasta trepadores y árboles, sin importar las especies, los métodos y el fin con que se realiza.

Es preciso distinguir entre dos factores negativos para el desarrollo del proceso de restauración como son los tensionantes y los limitantes (Brown & Lugo, 1994).

Los limitantes son aquellos factores que se hallan en cantidad o concentración inferiores a las que el ecosistema requiere para su desarrollo. La ley del mínimo de Liebig (1930), citado por Odum (1980), indica que el desarrollo de la vegetación (o del ecosistema) depende de la disponibilidad del factor que se halla en menores proporciones con respecto a la demanda de aquélla.



Los tensionantes son los factores que en el ecosistema son introducidos restringiendo la entrada de energía a éste impidiendo de esta forma los procesos ecológicos esenciales. Muchos tensionantes actúan intensificando los limitantes.

En los gradientes altitudinales de las montañas tropicales, el incremento de las tensiones ambientales con la altura produce el retardo de la productividad primaria y de los ciclos de nutrientes (Brown & Lugo, 1994).

3.2.4 Descripción de Tipos de Vegetación

Los siguientes tipos de vegetación pertenecen a los encontrados en las zonas degradadas, principalmente pastizales de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) y matorrales de Mora silvestre (*Rubus floribundus*); además de las formaciones vegetales a partir de las cuales se pretenden desarrollar la investigación dentro de la reserva.

Matorrales: Las formaciones arbustivas son naturales en páramos y sub-páramos. Sin embargo, por debajo del límite superior del bosque también pueden encontrarse matorrales, sobre suelos pobres o en sitios muy alterados. Los matorrales representan la forma más común de la etapa del precursor leñoso en la región alto-andina.

Helechales (*Pteridium aquilinum*): Los helechos son un elemento importante de la flora alto-andina, estos crecen en suelos compactados y acidificados, bien drenados, en laderas bajas. Actúa como importante precursor leñoso en la sub-serie del bosque de Lauráceas y el Encenillal bajo.

Coberturas Herbáceas (*Pennisetum clandestinum* y *Holcus lanatus*): Las principales coberturas herbáceas incluyen pastizales, pajonales y un césped nativo. Son pastos de montaña. Cubren los suelos pesados y francos hasta un poco más de los 3000 msnm. Competidores agresivos que dificultan el establecimiento de plantas leñosas.



Unida al pastoreo, retarda la regeneración del bosque. Entre los precursores capaz de colonizar estos potreros se cuentan el Tuno esmeraldo (*Miconia squamulosa*), Espino garbanzo (*Duranta mutisii*), Chilco (*Baccharis latifolia*) y Mora (*Rubus floribundus*), especies que pueden encontrarse en la reserva forestal Cárpatos.

3.3. CONCEPTOS IMPORTANTES EN EL ESTUDIO

3.3.1. Vegetación

Se entiende por vegetación el manto vegetal de un territorio dado. Es, por tanto, la vegetación uno de los elementos del medio más aparente y, en la mayor parte de los casos, uno de los más significativos (MOPT, 1992).

3.3.2. Comunidad Vegetal

Es el resultado de la combinación de ciertas condiciones ambientales, se puede decir que las comunidades vegetales son representativas del ecosistema de que forman parte (Major, 1969; Kuchler, 1973; Citado por MOPT, 1992).

3.3.3. Análisis Fisonómico - Estructural de la Vegetación

Debido a la dificultad de identificación de las especies que constituyen las diferentes comunidades en el trópico, varios científicos han propuesto algunos métodos de análisis de la vegetación. Dichos métodos tienen en cuenta factores cuantitativos de la estructura y la fisonomía de los individuos pertenecientes a una unidad de vegetación. Los principales autores de estos sistemas son Kuchler, Dansereau y Raunkiaer (Matteucci y Colma, 1982).

La estructura de la vegetación fue definida por Dansereau (1957) como la organización en el espacio de los individuos que forman una muestra y por extensión de los que forman un tipo de vegetación (MOPT, 1992).



3.3.4. Análisis de la Vegetación

El inventario de la vegetación debe incluir los aspectos cuantitativos y cualitativos que ayuden a su caracterización (MOPT, 1992).

Las principales características estructurales cuantitativas son: abundancia, frecuencia, dominancia, cobertura, índice de valor de importancia, cociente de mezcla, expansión vertical, posición sociológica y estructura diamétrica (Matteucci y Colma, 1982).

Las principales características cualitativas son: estratificación, periodicidad, sociabilidad y vitalidad, adicionalmente encontramos características sintéticas como presencia, fidelidad y constancia (Matteucci y Colma, 1982).

Los métodos para estudios estructurales nacieron y se aplicaron en los bosques de las zonas templadas, y no son utilizables en los trópicos sino de forma parcial.

No obstante, y teniendo en cuenta las complejas expresiones que asume la vegetación en los trópicos, lo que dificulta la identificación de las especies que constituyen las diferentes comunidades, se han ideado ya, varias técnicas y métodos para su análisis.

3.3.4.1 Estructura Vertical

Es la forma como los elementos que constituyen el bosque se ubican en líneas o pisos cuyas alturas fluctúan muy poco respecto a un valor promedio, esto es lo que se conoce como estrato (Lamprecht, citado en Coral, 1998).

De acuerdo con Moreno (1991), la estructura vertical se puede estudiar bajo tres concepciones, que van de acuerdo con la finalidad de estudio y agrupan los diferentes métodos de estratificación a un nivel mundial.



3.3.4.2 Concepción Dinámica

La naturaleza del dosel es de tipo dinámico, puesto que esta creciendo en parches todo el tiempo, tal que estos parches de distintos tamaños están en las diversas fases del ciclo de crecimiento de bosque (Withmore; 1975 citado por UNESCO PNUMA, FAO, 1980).

Los diferentes estados de recuperación del bosque constituyen diferentes estratos y se habla entonces de las etapas de un claro con las fases de degradación reconstrucción y el estado de equilibrio, lo cual muestra como cambia sucesivamente el bosque en el tiempo, la concepción dinámica se basa en la silvigénesis (Coral, 1998).

3.3.4.3 Concepción Funcional

La estructura tridimensional del bosque determina la cantidad de espacio ocupado por los troncos, ramas, hojas de los árboles a diferentes niveles y en consecuencia, el microclima interno y la energía disponible para otros organismos, por lo cual controla en gran medida la distribución de plantas inferiores como epifitas y de los animales, determinando la disponibilidad de sus fuentes alimenticias y sus posibilidades de locomoción y comunicación (Richards, 1983; citado por Melo *et al.*, 1997).

Oldeman (1974), citado por Melo *et al.*, (1997), introduce el concepto de superficie morfológica de inversión, el que divide el perfil del bosque en dos grande estratos, uno superior denominado zona eufótica, en el que se realizan todos los procesos fenológicos y fotosintéticos y otro inferior denominado zona oligofótica donde los procesos más frecuentes son la descomposición y el ciclaje de nutrientes



3.3.4.4 Concepción Estructural

La concepción estructural es la más utilizada en estudios silviculturales (Withmore, 1975); los árboles generan perfiles donde pueden ocupar uno o varios estratos. Este tipo de concepción contempla:

- Estratificación de especies: Es la agregación de especies con alturas maduras, independientemente de la frecuencia de ocurrencia.
- Estratificación de Individuos: que es la agregación de todas las alturas de los árboles maduros e inmaduros, teniendo como punto de referencia un diámetro mínimo de medición.
- Estratificación de masa foliar: Que es la agregación de estratos de muchos individuos enfocados sobre un solo componente de la vegetación.

3.3.5 Metodologías para la Evaluación de la Estructura Vertical

3.3.5.1 Métodos de Descripción Cualitativos

Davis y Richards (1933) citados por Melo *et al.*, (1997), introdujeron en el análisis de la estructura vertical el diagrama de perfil, la herramienta de descripción más utilizada. Este diagrama intenta dar una representación bidimensional de una estructura tridimensional, que es el bosque. Se construye con base en mediciones exactas de la posición y la altura de los árboles de cada parcela, así como la amplitud de sus copas, todo partiendo de un diámetro mínimo de medición. Estos permiten caracterizar las formaciones tropicales y su arquitectura, describiendo la morfología de la vegetación. (UNESCO, PNUMA, FAO, 1980).



3.3.6. Indices a Partir de Características Fisionómicas

3.3.6.1 Estructura Horizontal

La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque. Según Lamprecht (1990), esta estructura puede evaluarse a través de varios índices que reflejan la importancia ecológica dentro del sistema, entre estas se hallan las frecuencias, las dominancias y las abundancias, las que conducen al índice de Valor de Importancia (I.V.I.), mediante su suma relativa.

Una forma de representar gráficamente la proporción en que aparecen las especies son los histogramas de frecuencia, determinando la homogeneidad o heterogeneidad del bosque.

3.3.6.2 Indices de Importancia Ecológica

Lamprecht (1962) indica que los análisis de la abundancia, frecuencia y dominancia permiten estructurar una idea sobre un determinado aspecto de la estructura del bosque. A pesar del gran valor científico práctico de tales enfoques específicos, ellos no suministran sino informaciones parciales y hasta cierto punto aislados. Por esta razón, se ha sugerido la combinación de estos valores para obtener lo que se ha denominado “Índice de Valor de Importancia”, el cual es simplemente la suma de la abundancia relativa más la dominancia relativa más la frecuencia relativa (Matteucci y Colma, 1982).

Definido en 1949, ha sido utilizado para investigaciones de tradición con el fin de revelar la importancia ecológica relativa de cada especie en cada muestra. Este índice muestra un significado ecológico mayor que cada uno de sus componentes. (Matteucci y Colma, 1982, citado por Cantillo, 2001)



3.3.6.2.1 Abundancia

Está determinada como el número de árboles por especie. De esta se distinguen la abundancia relativa (proporción porcentual) y la abundancia absoluta (número de individuos por especie) (Lamprecht, 1990).

3.3.6.2.2 Frecuencia

La frecuencia de un atributo es la probabilidad de encontrar dicho atributo en una unidad muestral particular (Matteucci y Colma, 1982).

Es la existencia o falta de una determinada especie en una subparcela, la frecuencia absoluta se expresa en porcentaje. La frecuencia relativa de una especie se calcula como el porcentaje de la suma de las frecuencias de todas las especies (Lamprecht, 1990).

Esta variable ayuda a obtener una idea más clara de la distribución de las especies luego de haber sufrido la perturbación inicial. Sus análisis proporciona una idea clara de la forma de distribución de los organismos de acuerdo con su mecánica de subsistencia ya que la respuesta autoecológica a las variaciones del medio no permanecen constantes.

3.3.6.2.3 Dominancia

Suele llamarse también grado de cobertura de las especies, que es la expresión del espacio ocupado por ellas. Lamprecht la define como la proyección de las copas de los árboles sobre el suelo, sin embargo, debido a la complejidad de la estructura vertical, Matteucci y Colma (1982) proponen que se utilice el área basal de los árboles en sustitución de la proyección de las copas.



3.3.6.2.4 Índice de Valor de Importancia (IVI)

Formulado por Curtis y McIntosh (1951) citado por Lamprecht (1990), formula la combinación de los tres anteriores criterios para llegar a obtener la suma de la abundancia relativa, la dominancia relativa y la frecuencia relativa.

3.3.6.2.5 Cociente de Mezcla

De acuerdo con Becerra (1971), este cociente sirve para medir la intensidad de mezcla de las especies. Para calcularlo se divide el número de especies encontradas por el total de árboles levantados.

3.3.6.2.6 Histogramas de Frecuencia

Lamprecht (1990), indica que de acuerdo a las frecuencias absolutas, se acostumbra a reunir las especies en las cinco clases siguientes:

CLASE	FRECUENCIA ABSOLUTA
A = I	1 – 20%
B = II	21 – 40%
C = III	41 – 60%
D = IV	61 – 80%
E = V	80 – 100%

Las frecuencias dan una idea sobre la homogeneidad del bosque.

3.3.6.2.7 Índice de Predominio Fisionómico

El índice de predominio fisionómico, utilizado por Rangel (1991) por primera vez para estudios de vegetación en Colombia, corresponde a la sumatoria de la abundancia relativa, área basal relativa y cobertura relativa. La cobertura relativa es poco usada en zonas tropicales por la entremezcla de copas de los diferentes



estratos; se refiere al porcentaje de cobertura por especie con relación a la cobertura total del estrato (Cantillo, 2001).

3.3.7. Posición Sociológica

Lamprecht (1962), citado por Becerra (1971), toma datos del número de individuos de cada especie frecuencia absoluta y abundancia relativa de las especies en los estratos superiores, Mediano e inferior, así como el número total de arboles de cada especie representadas en los tres estratos.

Según Becerra (1971), el análisis de la expansión vertical indica la composición florística de los diferentes estratos del bosque en dirección vertical y sobre la importancia de las diferentes especies en cada uno de ellos.

3.3.8. Análisis de la Vegetación

La vegetación puede relacionarse a un universo multivariado al ser definida como el conjunto de especies vegetales interactuantes existentes en una zona como resultado de la acción de factores ambientales (Matteucci y Colma, 1982, citado por Cantillo, 2001).

3.3.9. Diversidad

OTA (1987), citado por Melo *et al.*, (1997), expresa que la diversidad biológica se refiere a la variedad y variabilidad entre los organismos vivos y los complejos ecológicos en los cuales estos participan. La diversidad puede definirse como el número de diferentes organismos y su frecuencia relativa. Para la diversidad biológica estos organismos están asociados en muchos niveles, desde estructuras químicas que son la base molecular de la herencia hasta ecosistemas completos.

La Organización de las Naciones Unidas (1992), adopta en la Conferencia de Río la siguiente definición: “Por diversidad biológica se entiende la variabilidad de los



organismos vivos de cualquier fuente, incluidos entre otras cosas los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos, y los ejemplos ecológicos de los que forman parte: comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies, y de los ecosistemas (Melo *et al.*, 1997).

3.3.9.1 Índices de Diversidad

De acuerdo con Cantillo (2001), las medidas de diversidad pueden agruparse desde métodos sencillos, al identificar el número de especies de los primeros 100 o 1.000 individuos tomados al azar, hasta métodos más complicados basados en la teoría de la información o comunicación. Entre estos se tienen:

3.3.9.1.1 Índice de Shannon – Weaver

$$H = -\sum P_i \log_2 P_i$$

Donde P_i = proporción o probabilidad de las especies i respecto al total de individuos n_i / N . La unidad de medida es el bit, siendo este la resolución de una alternativa de probabilidad.

Este índice, medirá la heterogeneidad de la comunidad. El valor máximo que asuma será indicador de una situación en la cual todas las especies son igualmente abundantes.

3.3.9.1.2 Índice de Equitatividad o Uniformidad

$$E = \frac{H}{H_{\max}}$$



Donde: H = Índice de diversidad de Shannon – Weaver
 H_{\max} = Diversidad bajo condiciones de máxima equitatividad = $\log_2 S$.

La máxima equitatividad o uniformidad se logra cuando $P_i = 1/S$ para todo P_i . Así, cuando E tiende a la unidad, se logra la máxima diversidad posible (Cantillo, 2001).

3.3.9.1.3 Índice de Simpson

$$D = 1 - P^2$$

Es una medida de la dominancia que se enfatiza en las especies más comunes y reflejan más riqueza de especies. El índice de Simpson se refiere a la probabilidad de que dos individuos de una comunidad infinitamente grande, tomados al azar, pertenezcan a la misma especie.

3.3.9.1.4 Índice de Berger – Parker

$$D = 1 - \frac{N_{\max}}{N_t}$$

Ordenación Ecológica

La ordenación de acuerdo con Matteucci y Colma (1982), es el método por el cual se obtienen secuencias o gradientes al disponer los individuos (muestras o atributos) a lo largo de ejes de variación continua.

La ordenación ecológica es la forma de encontrar relaciones entre las variaciones de la vegetación y los gradientes o patrones ambientales. En otras palabras, es la relación del espacio vegetacional con el espacio ambiental (Cantillo *et al.*, 2004)



Para Austin (1985) citado por Cantillo *et al.*, (2004), los gradientes son las dimensiones abstractas de un espacio ecológico (hiperespacio), donde la posición relativa de un sitio viene dada por su composición florística, la cual pudiera reflejar el tipo de sustrato pero no necesariamente corresponder a una posición física.

Según Austin y Smith (1989), los gradientes pueden ser:

- Indirectos: La variable ambiental no necesariamente tienen influencia fisiológica en el crecimiento de las plantas. (topografía, viento)
- Directos: La variable tiene influencia fisiológica pero no es un recurso para el crecimiento de las plantas. (Acidez, salinidad)
- De recursos: La variable ambiental es un recurso directo para el crecimiento. (Elementos nutricios, temperatura, luz, etc.)

Lo que se pretende cuando se analiza la vegetación a partir de los métodos de ordenación es descubrir si existe alguna tendencia o patrón de variación en los datos determinados. Así, al descubrir un gradiente florístico, se intenta detectar él o los factores ambientales externos que lo condicionan (Cantillo *et al.*, 2004).

Hill (1973), destaca que es realmente sencillo explicar un ordenamiento si se conoce el comportamiento de las especies y su correlación con los factores ambientales, para así inferir indirectamente las condiciones ambientales relacionadas con cada eje. Este análisis de comportamiento se realiza por métodos que utilizan regresiones lineales o logísticas.

Las regresiones logísticas desarrolladas por Austin (1984), permite estimar la probabilidad de aparición de una especie a partir de la determinación de su presencia – ausencia (Cantillo *et al.*, 2004).



3.3.10. Riqueza

Se llama riqueza florística al número total de especies de cualquier tamaño que viven en un área dada (UNESCO, PNUMA, FAO, 1980). El concepto de diversidad, es utilizado para definir de forma cuantitativa el aspecto de los ecosistemas.

Son esencialmente medidas del número de especies en una muestra definida y normalmente se presentan como una medida de densidad; es decir, número de especies por unidad de área específica o de colección. (Melo *et al*, 1997).

3.3.10.1 Índices de Riqueza de Especies

Estos índices de diversidad se calculan como una combinación entre el número de individuos (S) y el número de individuos totales en la muestra (N); índices como el de Margalef (Dmg) y Menhinick (Dmn) pertenecen a esta categoría.

3.3.10.1.1 Índice de Margalef

$$Dmg = (S-1) / \ln N$$

3.3.10.1.2 Índice de Menhinick

$$Dmn = S / \text{Raíz cuadrada de } N$$

3.3.10.1.3 Cociente de Mezcla de Holdridge

$$CM = S / N$$



3.3.11. Análisis Multivariado

Las técnicas multivariadas permiten el análisis de una unidad experimental tal como un individuo, una parcela de experimentación, un árbol, etc., en forma simultánea o con intervalos de tiempo, a partir de la medición de una serie de características entre las que se cuentan sus atributos, estimaciones, tratamientos o propiedades (Cantillo *et al.*, 2004).

Lo anterior representa un espacio en más de tres dimensiones o un multiespacio con un número de dimensiones igual al número de características medidas; esto es, un universo multivariado donde no hay independencia entre las características de una unidad experimental, ni asignación aleatoria de las mismas, como lo hay en un análisis experimental típico (Pla; 1986, citado por Cantillo *et al.*, 2004).

El análisis multivariado, desde una visión global, es un conjunto de técnicas que permite estudiar las relaciones existentes entre varias variables interdependientes. Entre sus objetivos básicos se encuentran: reducir un gran conjunto de datos a un número menor sin pérdida de información; entender la estructura subyacente a una realidad estudiada y evaluar los principales rasgos de los datos. Existen diversos métodos de análisis multivariados sin embargo todos pretenden simplificar, clasificar y explicar la complejidad de un conjunto de datos (Cantillo *et al.*, 2004).

El objetivo primario de los “Métodos estadísticos multivariados” es resumir grandes cantidades de datos por medio de “pocos” parámetros, es decir, el problema que resuelve esta metodología es el de la simplificación. El análisis multivariado de datos es útil para ayudar a los investigadores a obtener información de las grandes y complicadas bases de datos y esta utilidad aumenta al incrementarse tanto el número de variables que se están midiendo como el número de unidades experimentales que se estén evaluando (Vargas & Baquero, 2003, citado en Cantillo *et al.*, 2004).



Uno de los métodos multivariados más empleados, es el de análisis de componentes principales ACP para ordenación, un método que permite el análisis de un conjunto original de datos multivariados a partir de la generación de nuevas variables. Estas últimas son llamadas componentes principales caracterizadas por tener ventajas estadísticas como su no-correlación e independencia, esta última lograda siempre que se asume multinormalidad (Pla; 1986 citado en Cantillo *et al.*, 2004).



4. SISTEMA TEORICO

4.1. Hipótesis

- El uso del fuego es el mejor tratamiento para reactivar la dinámica sucesional en suelos degradados por prácticas antrópicas, ya que este puede romper la dormancia de las semillas para dar inicio a su germinación.
- El banco de semillas germinable de la reserva se mantiene en buenas condiciones y puede servir como punto de partida para reactivar la dinámica sucesional.

4.2. Variables

4.2.1 Independientes

Se definen como los factores ambientales que interrelacionan con la vegetación, estos son:

- Factores climáticos: Temperatura, precipitación, humedad.
- Factores edáficos: Propiedades físicas y químicas de los suelos.
- Factores topográficos: Relieve.
- Factores estructurales de la vegetación: Abundancia, Frecuencia, Dominancia, Cobertura y Densidad.



4.2.2 Dependientes

- Estructura del componente.
- Estado de desarrollo.
- Diversidad biológica.



5. METODOLOGIA

5.1 FASE DE PREPARACION

La preparación de la investigación se llevó a cabo mediante la recopilación de información secundaria que inicialmente daría los lineamientos principales para poder llevar a cabo las actividades concernientes a la investigación.

Se analizó información sobre cartografía básica y temática, suelos, clima, vegetación y se tuvieron en cuenta estudios relacionados con la caracterización de la vegetación y la restauración ecológica realizados en zonas similares en otros países tropicales. De igual forma se ahondó en el estudio de análisis estadísticos y de ordenación de la vegetación (Cantillo *et al.*, 2004; Cortéz, 1997; Draper, 1981; Hernández, 2002) con el fin de obtener bases sólidas para correlacionar los resultados obtenidos al final del proyecto.

Se seleccionaron áreas susceptibles a muestrear dentro de la matriz básica de vegetación que había sido objeto de perturbación. Mediante el correspondiente análisis de cartografía, fotografías aéreas y visitas de reconocimiento a la zona, se determinaron las zonas susceptibles a ser muestreadas, por lo que se seleccionaron únicamente 185 hectáreas para ubicar en ellas las parcelas de muestreo sincrónico y de tratamientos.

5.2. FASE DE CAMPO

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, se propone la restauración de la reserva por un análisis del medio en diferentes líneas de acción. Para llevar a cabo el



proyecto de restauración de la Reserva Forestal Cárpatos se plantearon dos metodologías paralelas. Estas contemplaron los métodos sincrónicos que finalmente llevaron a la obtención de una metodología unificada. Aquí se explican cuales son las bases (caracterización florística) de las que se parte para iniciar el proceso de restauración de la reserva, seguido de los planteamientos metodológicos experimentales (modelamiento sincrónico y métodos diacrónicos en parcelas de tratamientos).

La toma de datos de variables climáticas como humedad relativa y temperatura promedio se llevó a cabo en el transcurso de la investigación para analizar su comportamiento y ver la influencia que tiene este en los tratamientos y el comportamiento de la vegetación.

5.3. CARACTERIZACION DE LA VEGETACION MEDIANTE METODOS SINCRONICOS

Es importante conocer las comunidades y los correspondientes ambientes que se quieren restaurar. Por tal razón es de vital importancia realizar la caracterización florística de la vegetación relictual que se mantiene en la zona (tanto en zonas de bosque como en zonas invadidas por los pastos y otras especies). Dicho análisis es uno de los pasos más importantes en la obtención de información sobre la estructura y funcionamiento de las comunidades vegetales presentes.

De acuerdo con lo anterior, el análisis de las comunidades presentes en las áreas boscosas de la reserva que ya fue realizado por Cantillo *et al.*, (2004), fue tomado como base para la realización de esta investigación.

La caracterización de la vegetación que se realizó en este proyecto se orientó a la descripción florística y fisionómica de las comunidades encontradas en las zonas cubiertas por gramíneas y otras invasoras y a la identificación de patrones físicos que caracterizan el entorno de cada comunidad. Entre dichas características se



encuentran las propiedades físicas y químicas de los suelos, el microclima, la topografía y el microrelieve entre otros. Se utilizó para ello la metodología propuesta por Braun - Blanquet (1979).

Paralelo al estudio fitosociológico, se identificaron las características biofísicas más sobresalientes (tipo de suelo, relieve, geoformas, humedad y temperatura) del área a restaurar con el fin de identificar el comportamiento de dichas variables.

Como resultado de este estudio se obtuvo la mapificación de unidades caracterizadas. De esta manera se pudieron correlacionar los análisis de la ordenación con los patrones encontrados en las comunidades. Esto se hizo con el fin de entender el comportamiento y la forma de distribución geográfica de la vegetación y su comportamiento sinecológico.

La implementación de métodos sincrónicos buscó identificar las características florísticas y estructurales de diversos estados sucesionales a partir del estudio, en el mismo tiempo, de comunidades en diferentes fases de desarrollo. Esto supuso la modelación hipotética de las etapas serales de acuerdo a su desarrollo cronológico.

Para llegar a la obtención de resultados se establecieron 20 parcelas de seis (6) metros de largo por seis (6) metros de ancho (36 mts²) en diferentes zonas de la reserva, para un total de 720 m², área representativa teniendo en cuenta la homogeneidad de la matriz de vegetación degradada. El establecimiento de cada una de las parcelas se llevó a cabo con base en el análisis de las fotografías aéreas existentes de la Reserva Forestal. De acuerdo con dicho análisis fueron seleccionadas las zonas en las que se levantaron las parcelas de acuerdo a su estado sucesional.

Mediante observaciones realizadas directamente en campo, se diferenciaron cuatro estados serales definibles de acuerdo al desarrollo de la vegetación presente en los parches encontrados. De esta forma se realizó el montaje de cinco parcelas por



cada estado sucesional para obtener un total de 20 parcelas que sirvieron para llevar a cabo el modelamiento sincrónico, como se muestra en el cuadro a continuación.

Tabla 1. Planteamiento de levantamientos a través de etapas serales

Estado Sucesional	Número de Parcelas
Sere 1	5
Sere 2	5
Sere 3	5
Sere 4	5
Total	20

En este tipo de parcelas se efectuó un monitoreo del estado de desarrollo de la vegetación presente en las mismas y de la evolución del proceso sucesional de forma mensual caracterizándolas florística y estructuralmente. La toma de datos se efectuó en estos lapsos de tiempo ya que los cambios en la vegetación presente en la zona se hacen evidentes en periodos de tiempo relativamente largos.

Se tomó así mismo una muestra de suelo por cada una de las parcelas para analizar el estado de los nutrientes presentes y las propiedades físicas del mismo. De igual forma se tomaron muestras botánicas de cada una de las especies presentes en cada una de las parcelas, haciendo de igual forma un inventario descriptivo de las mismas.

Se tomaron datos como número de individuos, altura total y diámetro promedio dependiendo del estado de desarrollo de cada uno de los mismos (Brinzales, Latizales o Latizales Establecidos).

Se tomaron también lecturas secuenciales de la humedad relativa y temperatura media para cada una de las parcelas utilizando para ello un Termohigrómetro. De



igual forma se tomó también para cada parcela el grado de inclinación (pendiente) utilizando para ello el Nivel Abney.

Para la delimitación de las parcelas se utilizaron tubos de PVC de 1.50 metros de altura y con un diámetro de dos pulgadas. Se usaron dichos tubos debido a que las condiciones tan extremas del medio deterioran otros materiales de forma rápida. De igual forma la relación entre el costo y durabilidad los hace indicados para desempeñar la función de demarcar y delimitar la zona perteneciente a cada parcela. De igual forma se utilizó cinta plástica demarcativa de alta resistencia para cerrar el perímetro de cada parcela. Para efectuar las uniones entre los extremos de la cinta demarcativa se empleó cinta plástica sellante que debe resistir las condiciones climáticas predominantes en la zona.

Los tubos fueron enterrados con una profundidad que puede oscilaba entre 10 y 20 centímetros dependiendo de la humedad del suelo y la estructura del mismo, siendo mayor la profundidad en suelos encharcados. Para iniciar la ubicación de la parcela se instaló un primer tubo dentro del área útil de la misma; este servía de vértice inicial a partir del cual se instalaron los demás, ya que a partir del mismo se midió un azimut de 90 grados con la brújula y una distancia de seis (6) metros con la cinta métrica para ubicar el siguiente vértice.

Los tubos fueron instalados utilizando para ello un mazo de caucho que permite golpear sin el riesgo de romper el tubo. Para la demarcación de la parcela, se hizo una ranura en uno de los extremos de cada uno de los tubos utilizados con una Segueta o Serrucho para pasar por dentro de la misma la cinta demarcativa; los bordes de dicha ranura fueron pulidos con un cortador para que estos no rompieran la cinta con la fricción causada por el movimiento del viento.



5.4. IMPLEMENTACIÓN DE TRATAMIENTOS

Una vez identificadas las comunidades presentes en el área de estudio y las condiciones predominantes en su entorno, se inició la implementación de los ensayos de tratamientos para incentivar el proceso de sucesión de las diferentes parcelas seleccionadas teniendo en cuenta los tensionantes y limitantes que impiden el establecimiento de las especies.

Los tratamientos contemplaban cambios en la cobertura del suelo y el uso de prácticas culturales como la aplicación de fuego. De esta forma se pretendió generar cambios en las características físico – químicas, microedáficas y microclimáticas del suelo.

Durante el proceso se requirió el constante seguimiento de los avances por parte de un ecólogo y un dendrólogo, quienes ayudaron a interpretar de forma paulatina los resultados obtenidos antes de llegar a la consolidación de los resultados finales. Cada uno de los tratamientos fué analizado mediante métodos estadísticos como el ANAVA de doble vía, para así corroborar la significancia de los ensayos experimentales.

Al igual que en las parcelas de modelamiento sincrónico, en estas se tuvo en cuenta las variables ecológicas necesarias para lograr hacer el análisis de vegetación.

Para el establecimiento de las parcelas se utilizó la misma metodología empleada para el montaje de las parcelas pertenecientes al modelamiento sincrónico. De igual forma, las parcelas fueron ubicadas con base en el análisis de fotografías aéreas en las que se emplearon coordenadas aleatorias para ubicar las parcelas geográficamente dentro de los márgenes establecidos.



Se establecieron 21 parcelas de seis (6) metros de largo por seis (6) metros de ancho (36 mts²), en las que se implementó un tratamiento específico para cada una. Dichos tratamientos fueron diferenciados de la siguiente forma:

1. Tratamiento Testigo (sin alterar la cobertura herbácea presente).

En este tratamiento, la cobertura vegetal presente, sin importar cual sea su composición florística, fue dejada intacta para observar su comportamiento en el tiempo.

2. Tratamiento Quema Controlada de la Cobertura Herbácea.

La quema controlada es uno de los tratamientos más riesgosos por la complejidad que involucra el manejo del fuego. De igual forma ofrece resultados muy importantes. Este tratamiento se efectuó con la mayor precaución posible ya que la falta de control de la situación pudo ocasionar graves daños a la cobertura cercana a la zona en la que se realizó la quema. Por tal motivo se realizó la poda de todo el material vegetal presente en un área circundante de un metro del perímetro del área útil de la parcela.

3. Tratamiento Eliminación o Corte (roza) Manual de la Capa de Vegetación Herbácea.

Para establecer de forma correcta las parcelas de este tratamiento se realizó una corta manual de todo material vegetal presente en un área circundante de un metro del perímetro del área útil de la parcela con la finalidad de evitar la interferencia de la misma en la obtención de resultados. La eliminación se hizo mediante el uso de herramientas cortantes como machetes y guadañadoras.

El siguiente cuadro resume el número de tratamientos, el número de parcelas y la extensión de cada una de ellas.



Tabla 2. Planteamiento de parcelas por tratamiento.

Tratamientos	Área por parcela (m²)	Número de Parcelas
Tratamiento testigo	36	7
Tratamiento quema	36	7
Tratamiento eliminación o corte	36	7
Total		21

De igual forma se tuvo en cuenta la distancia de las parcelas al bosque maduro, generando 3 zonas con características intrínsecas:

1. Cercanía al Bosque maduro (50 a 200 mts, caracterizadas por ser zonas de baja pendiente).
2. Mediana Distancia al Bosque (200 a 400 mts, caracterizadas por pendientes del 5 al 25 %)
3. Lejanía del Bosque (más de 400 mts, caracterizadas por planicies y pendientes hasta del 20%)

Los datos obtenidos mediante los muestreos de las parcelas estuvieron dados en función de variables cuantificables. La reacción a los tratamientos fue evaluada a través de la aparición o presencia o ausencia de especies del bosque maduro.

Sobre la base de los resultados se propusieron los lineamientos de una metodología que con enfoque conservacionista ayude a la restauración del bosque andino y promueva el surgimiento de la cobertura original.



5.5. FASE DE SISTEMATIZACIÓN Y ANÁLISIS

5.5.1 Verificación de Especies

Con la ayuda del Curador del herbario de la Facultad del Medio Ambiente de la Universidad Distrital, se identificaron taxonómicamente el género y la familia de cada uno de los individuos inventariados, ya que se colectaron muestras botánicas de cada uno de ellos, las que fueron prensadas en el mismo sitio de muestreo.

5.5.2 Clasificación de la Vegetación

La clasificación de la vegetación (estudio de las comunidades vegetales), se realizó a partir de una matriz de coberturas en la que se ubicaron en columnas las especies y en filas los levantamientos realizados. Esta matriz fue procesada mediante el método cuantitativo TWISPAN del programa PC-ORD (Versión 3.17), que se inicia con la población completa y mediante subdivisiones sucesivas va formando grupos cada vez más pequeños y característicos.

En cada etapa de la subdivisión se buscaron las diferencias dentro de los grupos para separar subgrupos que difieren entre sí (Mateucci y Colma, 1982).

A partir de las agrupaciones construidas por TWISPAN, se realizó la tabla de fidelidad regional de Szafer y Pawlowsky (Braun-Blanquet, 1979) para cada comunidad. Esta tabla permite clasificar las especies características en: exclusivas (especies que se encuentran exclusivamente en una asociación determinada y con grado de fidelidad 5) y electivas (especies que presentan un estado óptimo definido en una asociación, pero que también se presentan en otras con menor vitalidad, expresado en un grado de fidelidad 4).



Finalmente se obtuvo una tabla de composición florística para cada comunidad, donde se identificaron sus especies características exclusivas, electivas y diferenciales.

Tabla 3. Transformación de escalas de cobertura y clases de presencia

CLASES DE PRESENCIA (P)		CLASES DE COBERTURA (C) (%)	
I	$0 < X \leq 20\%$	+	0 – 1
II	$20 < X \leq 40\%$	1	1 – 10
III	$40 < X \leq 60\%$	2	10 – 25
IV	$60 < X \leq 80\%$	3	25 – 50
V	$80 < X \leq 100\%$	4	50 – 100

Braun-Blanquet, 1979.

Tabla 4. Esquema para la determinación de la fidelidad de especies de una asociación

Comportamiento de la especie para vitalidad y sociabilidad aproximadamente constantes					
Grado de Fidelidad	En la asociación en cuestión		En otras asociaciones		
5	Exclusivas				
	P	C	P	C	
	IV – V	3 – 5	I	Hasta 2	
	IV – V	+ hasta 2	I – II	Hasta 1	
	I – III	Cualquiera	I	+ (Hasta2)	
	Ausentes o presentes solo en casos extraordinarios				
4	Electivas				
	P	C	P	C	
	IV – V	3 – 5	II – III	+ hasta 2	
			III - IV	+ hasta 1	
	Como reliquia o pionero de la asociación				
	IV – V	+ hasta 2	II – III	+ hasta 1 (2)	
III – IV	+ hasta 2	I – (III)	+ hasta 1 (2)		
I – III	+ hasta 2	Significativamente pequeño	Generalmente pequeño		



	Preferentes			
	P	C	P	C
3	Cualquiera	3 – 5	Igual	+ hasta 2
	Cualquiera	Cualquiera	Significativamente menores	
			Algo menores	
				Menor
2	Indiferentes			
	Presencia, relación de cantidad y vitalidad en dos o más comunidades semejantes			
1	Extrañas			
	Se presenta en raras ocasiones y en escasa cantidad sólo en lugares desviantes o alterados y por ello atípicos, o bien sólo en la zona marginal de la comunidad			

Szafer & Pawlowski (1927), en Braun-Blanquet, (1979).

5.5.3 Caracterización Fisionómico Estructural de la Vegetación

De acuerdo con los análisis realizados a los datos obtenidos en campo se determinó para cada unidad de vegetación definida en la clasificación de la vegetación, la estructura horizontal y vertical de acuerdo con lo establecido en el marco conceptual (área basal, índice de predominio fisionómico e índice de valor de importancia). Para el caso de IPF, presentado en las tablas fitosociológicas, este es simplificado debido que el muestreo de individuos de menos de 10 centímetros de diámetro a la altura del pecho, no contempla el muestreo de cobertura, uno de los tres factores necesarios, razón por la cual solo se utilizan para el presente estudio, la abundancia y la dominancia.

5.5.4 Riqueza y Diversidad

La riqueza y la diversidad se abordaron de acuerdo con lo establecido en el marco teórico, calculando así los índices de: IVI para familias, Menhinick, Margalef, cociente de mezcla de Holdridge, Shannon – Weaver, Simpson y Berger-Parker.



5.5.5 Ordenación de la Vegetación

La ordenación se realizó mediante el programa estadístico PC-ORD, utilizando los análisis multivariados de componentes principales y de factores para lo cual se emplearon matrices cuadradas de doble entrada con el fin de evitar la desviación de los análisis.

En el análisis de componentes principales (PCA) se relacionó cada levantamiento con su respectiva pendiente y las propiedades químicas y físicas del suelo. También se empleó dicho análisis para relacionar los levantamientos con las especies vegetales.

5.5.5.1 Ordenación Mediante Parámetros Químicos del Suelo y Variables de Vegetación

Las muestras de suelos, fueron llevadas al laboratorio de suelos de Corpoica, donde se analizaron la porosidad total y la textura (estudios físicos). Los parámetros químicos del suelo que se determinaron fueron: pH, cationes de cambio (Ca, Mg, K, Na), saturaciones (ST, SCa, SMg, SK, Al), CIC, materia orgánica y elementos menores (Hierro, Cobre, Manganeseo, Zinc, Boro, Fósforo, y Azufre).

Para realizar este análisis se seleccionaron las variables que se señalan en la tabla 5.



Tabla 5. Ordenación de los levantamientos a partir de parámetros químicos del suelo y variables de vegetación.

Variables de Vegetación	Parámetros Químicos del suelo
Número de individuos Número de especies	Carbono (C) Fósforo (P) Calcio (Ca) Magnesio (Mg) Potasio (K) Aluminio (Al)

5.5.5.2 Ordenación por Parámetros Físicos y de Vegetación

Las variables señaladas en la tabla 6 fueron empleadas para elaborar la ordenación de los levantamientos a partir de parámetros físicos del suelo y de vegetación.

Tabla 6. Ordenación de los levantamientos a partir de parámetros físicos del suelo y variables de vegetación.

Variables de Vegetación	Parámetros Físicos del suelo
Número de individuos Número de especies	Porcentaje de arcilla Porcentaje de limos Porosidad total

5.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se debe tener en cuenta que las variables ambientales afectan de manera sustancial y directa el comportamiento de los tratamientos por ser llevados a cabo en campo abierto. Por esta razón se hace imposible controlar las condiciones presentes en el medio. Teniendo en cuenta lo anterior, la diversidad de tratamientos que se implementaron arrojaron resultados variados con diferentes tendencias.



En este ensayo se tuvieron en cuenta tres tratamientos base que consistieron en:

1. Testigo (sin alterar su cobertura herbácea).
2. Quema controlada de la cobertura superficial (herbácea).
3. Eliminación o corte (roza) de la capa herbácea.

Adicionalmente estos se combinaron con otros tres tratamientos, que fueron aplicados a cada uno de los anteriores, estos consistieron en:

1. Dispersión de semillas al voleo.
2. Siembra de semillas.
3. Sin implementar ninguna particularidad.

Y teniendo en cuenta la distancia de las parcelas al bosque maduro, se tuvieron:

1. Cercanía al Bosque maduro
2. Mediana Distancia al Bosque
3. Lejanía del Bosque

Lo anterior condujo a un diseño experimental en bloques al azar con un arreglo factorial del tipo 3^3 , (Los tres tratamientos principales, quema, eliminación manual de la cobertura y testigo, poseen tres tratamientos secundarios), estos contaron de igual forma con tres repeticiones.

Se debe tener en cuenta que las semillas obedecen a un patrón prototipo del bosque, por lo que se entiende que el material germinativo es heterogéneo, dependiendo de las características de las semillas de diferentes especies presentes en el bosque maduro.

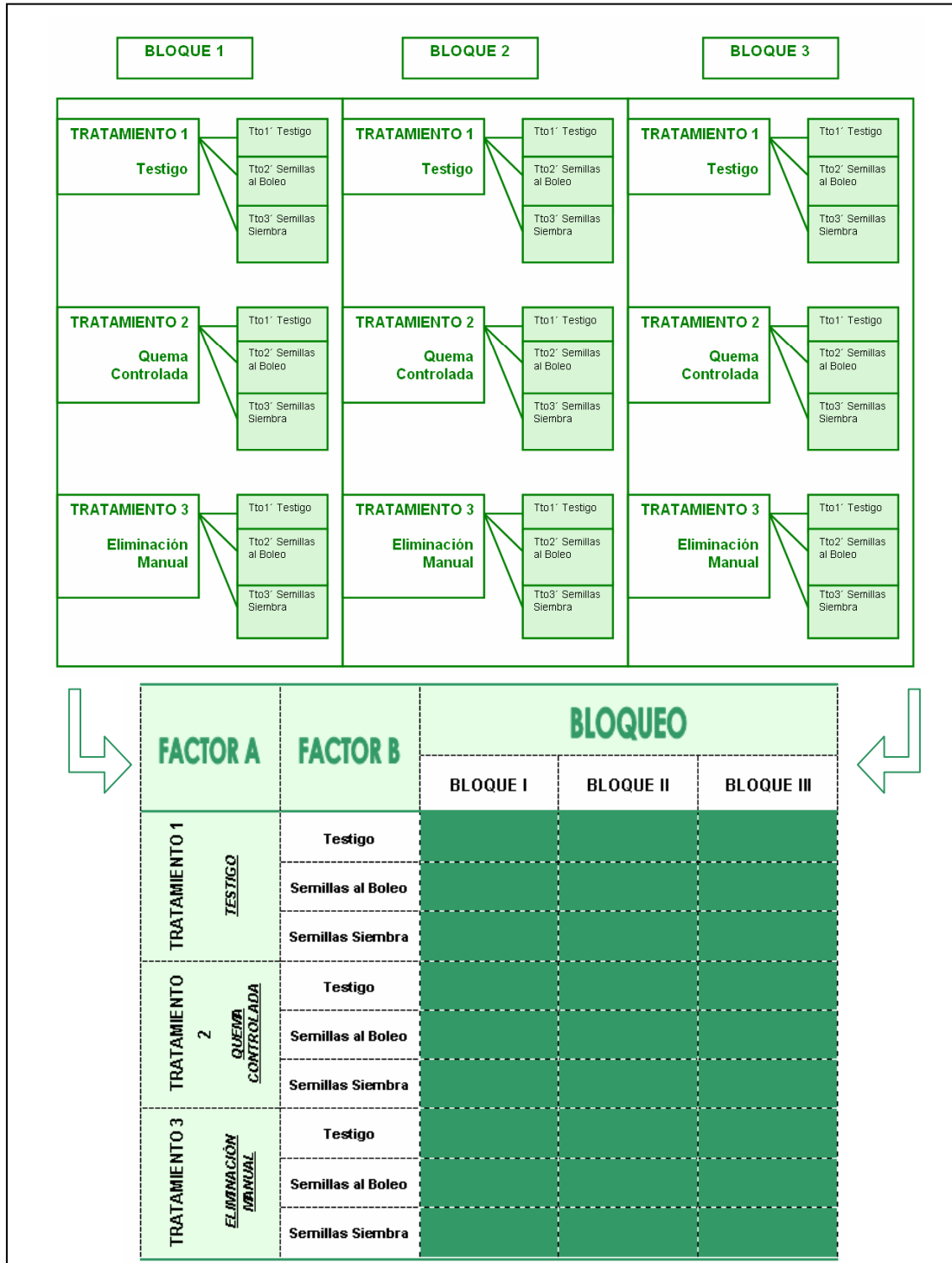


Figura 1. Representación gráfica del diseño experimental de bloques al azar.



5.7 SISTEMA METODOLOGICO

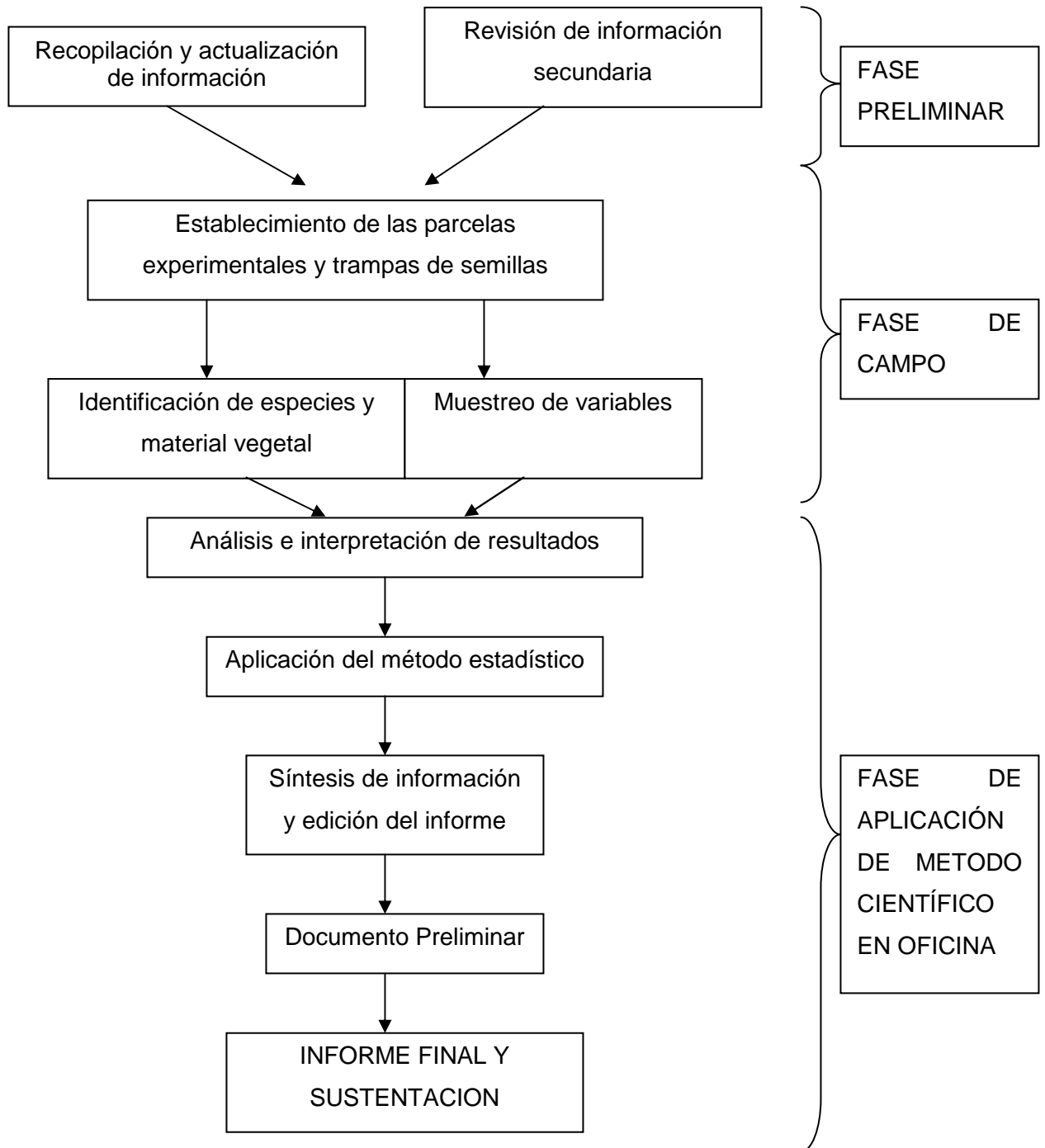


Figura 2. Sistema metodológico.



6. RESULTADOS

6.1 MODELAMIENTO SUCESIONAL

6.1.1 Aspectos Generales

6.1.1.1 Ubicación de Parcelas

Los 20 levantamientos representan las cuatro series definidas con puntos aleatorios llevados a terreno con un posicionador geográfico con corrección de campo por sesgo o características de la zona. Las coordenadas finales de las parcelas se discriminan en la siguiente tabla.



Tabla 7. Ubicación geográfica de las parcelas

Levantamiento	Coordenadas		Altitud (msnm)
	N	W	
L1	4'49.117	73'46.127	2627
L2	4'46.125	73'46.125	2740
L3	4'48.846	73'46.105	2731
L4	4'48.995	73'46.065	2691
L5	4'48.732	73'45.685	2749
L6	4'48.807	73'45.683	2719
L7	4'48.867	73'45.795	2709
L8	4'48.987	73'45.944	2688
L9	4'48.922	73'45.914	2704
L10	4'49.143	73'45.953	2637
L11	4'48.658	73'45.698	2779
L12	4'49.188	73'46.010	2621
L13	4'48.780	73'46.085	2754
L14	4'47.653	73'46.234	2655
L15	4'48.976	73'46.008	2699
L16	4'48.299	73'45.547	2749
L17	4'48.613	73'45.667	2784
L18	4'49.034	73'45.667	2798
L19	4'47.325	73'47.342	2756
L20	4'47.329	73'46.179	2734

Se analizó con el posicionador geográfico la distancia aproximada del borde del bosque a partir de puntos medios y un arreglo descriptivo, lo que se aprecia en la figura 5. Se evidencia un agrupamiento de parcelas que obedece a la presencia de las seres de manera localizada.

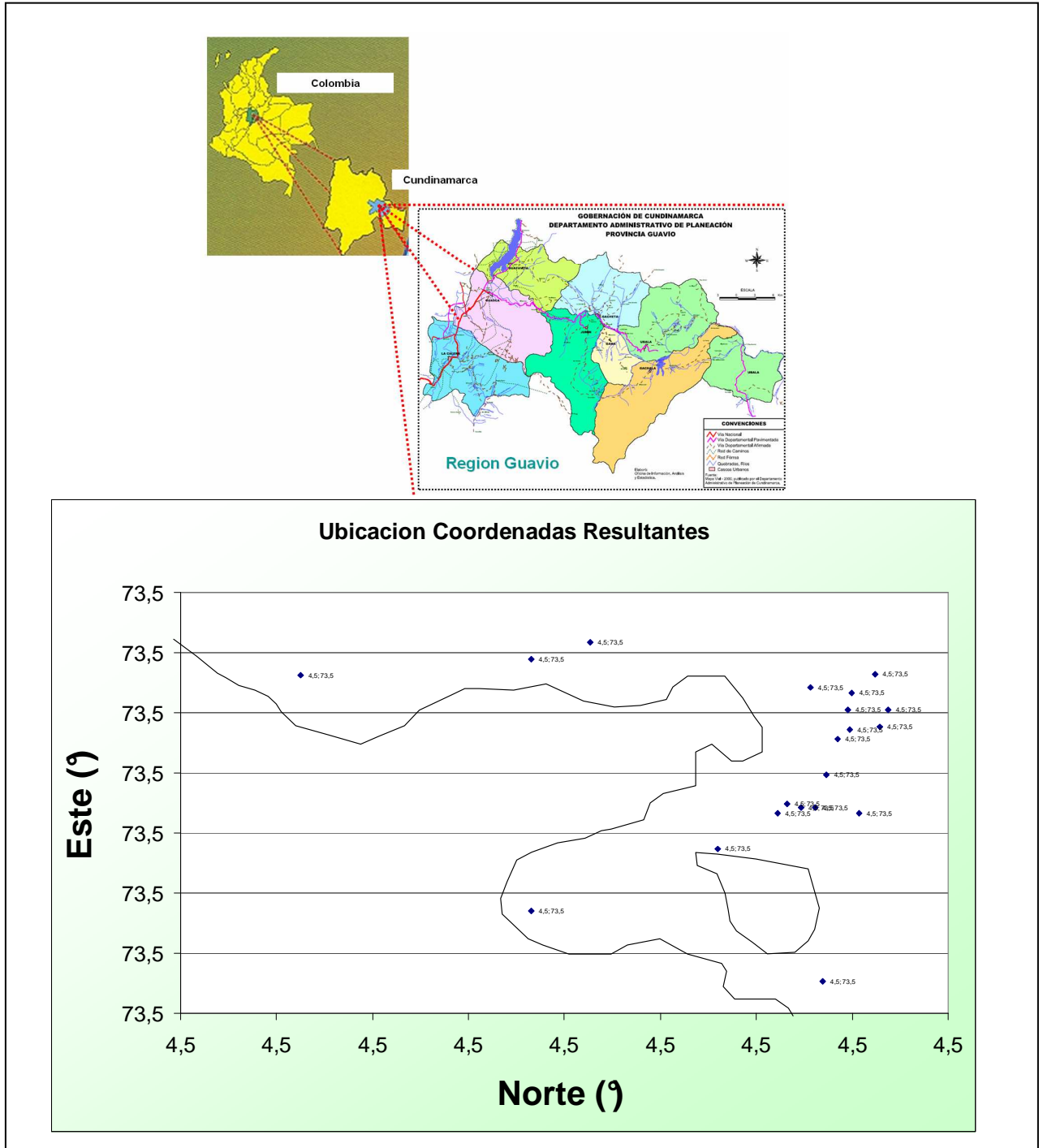


Figura 3. Ubicación espacial de parcelas y distanciamiento medio de bosque.



6.1.1.3 Características Serales

La descripción de las etapas serales de acuerdo a sus características se observan en la tabla 8.

Tabla 8. Descripción de las etapas serales.

	Pendiente Promedio (%)	Sensación de Humedad	Descripción
SERE 1	0 -15	Alta	Seres iniciales, presencia de especies pioneras, alta homogeneidad.
SERE 2	0 - 20	Baja	Seres intermedias, especies pioneras y propágulos de hemisciofitas, alta homogeneidad
SERE 3	10 – 30	Media	Sere avanzada, alta heterogeneidad, mosaico de especies pioneras, dinamogénicas, precursoras y propágulos de esciofitas.
SERE 4	5 - 25	Alta	Sere avanzada, alta heterogeneidad, especies dinamogénicas y propágulos de esciofitas.

6.1.1.3 Características Biofísicas

Las condiciones de temperatura y humedad relativa mostraron una disminución en el comportamiento de la amplitud en las parcelas sucesionalmente más desarrolladas. Los datos climáticos obtenidos fueron tomados en cuatro momentos diferentes con un termohigrómetro de medias arrojando los valores apreciables en la siguiente tabla.



Tabla 9. Características climáticas medias de los levantamientos serales.

Levantamiento	Temperatura Promedio (°C)	Humedad Relativa Promedio (%)
L1	12.3	93
L2	12.2	93
L3	12.3	95
L4	12	95
L5	12	96
L6	12.5	94
L7	13	93
L8	12.9	93
L9	12.5	92
L10	12	90
L11	12.8	96
L12	12.1	94
L13	12.4	92
L14	12.7	93
L15	12.6	92
L16	12.5	90
L17	12.9	91
L18	12.7	90
L19	13	92
L20	13.1	91

6.1.1.4 Información General de Parcelas

Tabla 10. Número de individuos, especies, géneros y familias para el área de muestreo.

Ítem	Área Total de Investigación 720 m ²
Número de Individuos	1.159
Número de Especies	23
Número de Géneros	20
Número de Familias	17
Número de individuos por m ²	1,61
Número de individuos por Ha	16.097



6.1.1.5 Información Comparativa

Tabla 11. Número de individuos por 0.1Ha., encontrados en diferentes estudios.

SITIO	FUENTE	Nº Individuos / Ha Arboles de más de 10 cm de DAP
Bajo Calima	Gentry, 1986	970
Medio Caquetá	Duivenvoorden, 1993	760
Jauneche (Ecuador).	Gentry, 1986	640
Río Palenque (Ecuador).	Gentry, 1986	440
Quebrada El Tigre	Cantillo, 2001	600
Reserva Forestal Yotoco	Cantillo <i>et al.</i> , 2005	600
R.F. Cárpato	Cantillo <i>et al.</i> , 2005	1035

Adaptado de Cantillo, (2001)

Tabla 12. Número de individuos por hectárea en las diferentes seres y levantamientos similares

SITIO	FUENTE	Nº Individuos / Ha (Total)
Reserva Forestal Yotoco		3107
R.F. Cárpato	Cantillo <i>et al.</i> , 2004	13.997
R.F. Cárpato Sere 1	Presente estudio	13.888
R.F. Cárpato Sere 2	Presente estudio	18.833
R.F. Cárpato Sere 3	Presente estudio	12.666
R.F. Cárpato Sere 4	Presente estudio	19.000
R.F. Cárpato Total	Presente estudio	16.097



Tabla 13. Número de especies promedio por m² para diferentes estudios realizados

SITIO	N° Especies	Área de Muestreo	Especies promedio Por m²
Buritaca	52	600m ²	0.086
Parque Los Nevados Vertiente Occidental (1000msnm)	48	510m ²	0.094
Parque Los Nevados Vertiente Oriental (1100- 1300msnm)	39	500m ²	0.078
Puracé	41	400m ²	0.102
Quebrada El tigre	63	1000m ²	0.063
Reserva Forestal Yotoco	43	700m ²	0.061
R.F. Cárpatos Sere 1	5	180m ²	0.028
R.F. Cárpatos Sere 2	8	180m ²	0.044
R.F. Cárpatos Sere 3	14	180m ²	0.078
R.F. Cárpatos Sere 4	13	180m ²	0.072
R.F. Cárpatos Etapas Serales	23	720m ²	0.032

Adaptado de Cantillo (2001)



6.1.1.6 Análisis Faunístico

Tabla 14. Fauna presente en las diferentes etapas serales.

Nombre	Especie	Orden	Familia	Peso (gr)		Estructura Social	Gremio Trófico				Sere				
							Insectos	Frutas	Crustáceos e Invertebrados	Plantas	1	2	3	4	BM
Chucha	<i>Didelphis sp.</i>	Didelphimorphia	Didelphidae	565	1610	Solitario	x	x			x	x			
Armadillo	<i>Dasyus novemcinctus</i>	Xenarthra	Dasypodidae	2700	6300	Solitario	x					x	x		
Zorro	<i>Cerdocyon thous</i>	Carnívora	Canidae	3600	7900	Parejas	x	x	x						
Oso andino	<i>Tremarctus ornatus</i>	Carnívora	Ursidae	80mil	175mil	Solitario		x							x
Soche	<i>Mazama sp.</i>	Artiodactyla	Cervidae	24mil	48mil	Solitario				x				x	x
Ardilla	<i>Sciurus granatensis</i>	Rodentia	Sciuridae	212	520	Solitario	x	x	x					x	x
Conejo	<i>Sylvalagus brasiliensis</i>	Lagomorpha	Leporidae	450	1200	Solitario				x			x	x	



6.1.2 Estructura Sucesional

6.1.2.1 Caracterización Estructural

Los análisis se realizaron de acuerdo a las características encontradas en cada una de las seres. En cada una de ellas se explicó el comportamiento de las variables determinadas de manera tal que los resultados sean vistos de forma particular para hallar los patrones que predominan en cada una de las mismas.

6.1.2.1.1 Abundancia

Las especies que demostraron ser más abundantes en las etapas serales iniciales fueron *Rubus floribundum* con un número de 144 individuos y *Pteridium aquilinum* con 88 individuos de la especie, de 250 que se encuentran en total a lo largo de todas las parcelas muestreadas y correspondientes a la sere uno, representando estas especies el 58% y el 35% de los individuos de dicha sere como se observa en la tabla 15 y la figura 6.



Tabla 15. Abundancia por especie a través de la sucesión

Especie / Sere	Abundancia					Abundancia %				
	1	2	3	4	Total	1	2	3	4	Total
<i>Myrsine coriacea</i>		51	75	63	189		15	33	18	16
<i>Miconia theaezans</i>		31	30	114	175		9.1	13	33	15
<i>Rubus floribundum</i>	144		7		151	58		3.1		13
<i>Hedyosmun crenatum</i>		92	17	11	120		27	7.5	3.2	10
<i>Pteridium aquilinum</i>	88		3		91	35		1.3		7.9
<i>Miconia sp.</i>	1	28	32	22	83	0.4	8.3	14	6.4	7.2
<i>Weinmannia pinnata</i>			14	55	69			6.1	16	6
<i>Munozia sp.</i>		69			69		20			6
<i>Monina sp.</i>		57	5		62		17	2.2		5.3
<i>Chusquea scandens</i>	14		21		35	5.6		9.2		3
<i>Viburnum sp.</i>		8		13	21		2.4		3.8	1.8
<i>Axinea scutigera</i>		3		15	18		0.9		4.4	1.6
<i>Myrsine guianensis</i>				14	14				4.1	1.2
<i>Clethra lanata</i>				13	13				3.8	1.1
<i>Ocotea calophylla</i>				13	13				3.8	1.1
<i>Solanum inopinum</i>			13		13			5.7		1.1
<i>Ageratina tinifolia</i>			1	6	7			0.4	1.8	0.6
<i>Miconia cundinamarcensis</i>			7		7			3.1		0.6
<i>Dodonea viscosa</i>			2		2			0.9		0.2
<i>Calamagrostis sp.</i>	3				3	1.2				0.3
<i>Brunelia integrifolia</i>				2	2				0.6	0.2
<i>Clusia ducu</i>			1		1			0.4		0.1
<i>Cestrum mutisi</i>				1	1				0.3	0.1
Total general	250	339	228	342	1159	100	100	100	100	100

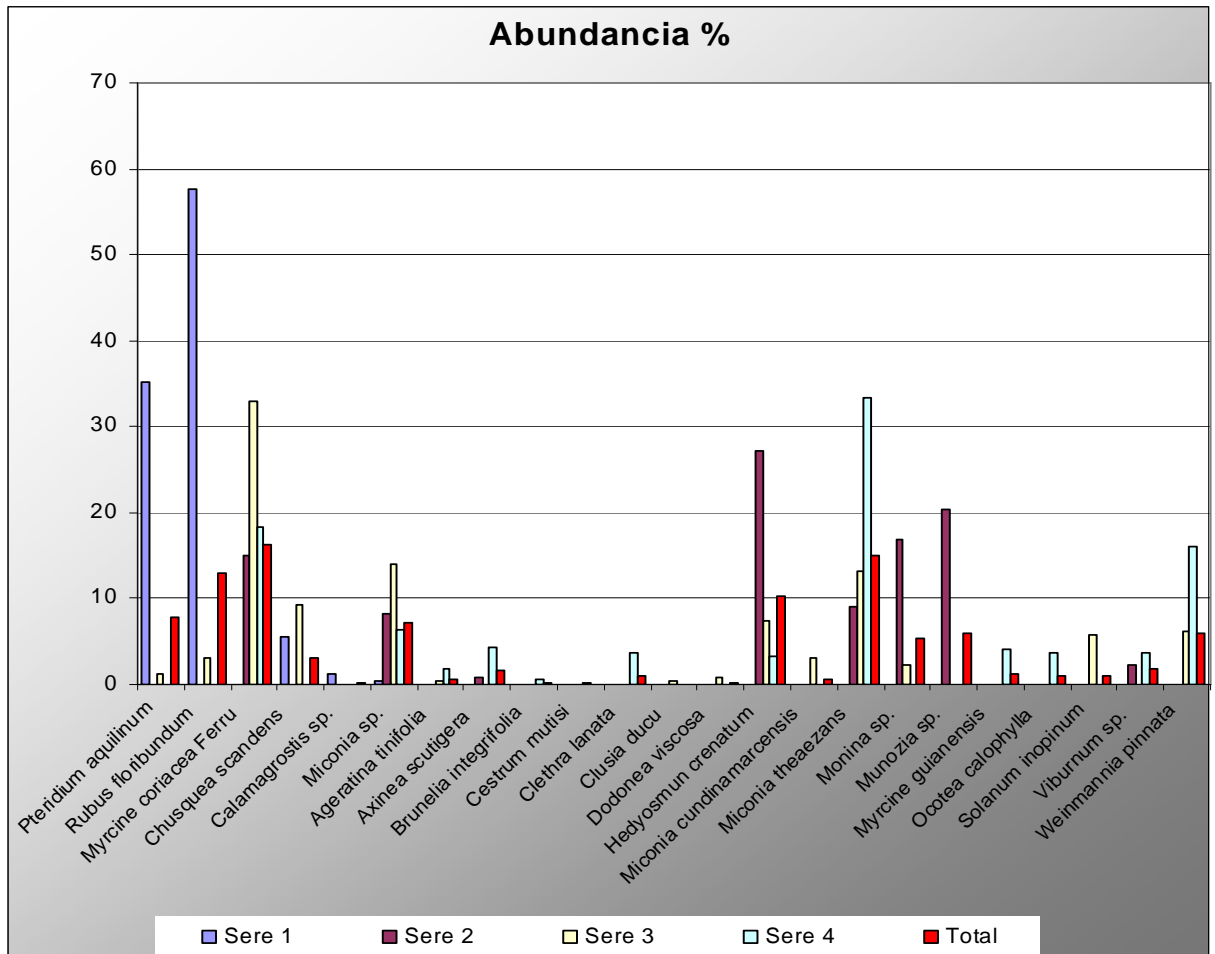


Figura 4. Abundancia de especies a través de la sucesión.

Las especies *Hedyosmun crenatum* y *Munozia sp.* predominan en la sere dos presentando un número de 92 y 69 individuos siendo el 27% y el 20% de la población comprendida por 339 individuos respectivamente.

Myrsine coriacea seguida de *Miconia sp.* son las más abundantes en la sere tres con un número de 75 y 32 individuos siendo el 33% y el 14% respectivamente de la población comprendida por 228 individuos.



Myconia theaezans predominante en la serie cuatro es secundada por *Weinmannia pinnata* siendo el 33% y 16% de la población con un número de 114 y 55 individuos respectivamente, formando parte de una población de 342 individuos.

6.1.2.1.2 Frecuencia

Las especies que presentan las características más particulares respecto a su patrón de distribución de frecuencia son las siguientes:

Pteridium aquilinum estuvo presente en 4 parcelas de cinco que componían el modelo priseral, con un índice de frecuencia relativa de 80%, seguida por la especie *Rubus floribundum* la que se encontró presente en 2 parcelas, con un índice de 40%.

En la serie dos se encuentra la especie *Miconia sp.* denotando un patrón de frecuencia de 100%, apareciendo registrada en las 5 parcelas que conforman dicha serie. Las especies *Miconia Theaezans* y *Hedyosmun crenatum* la acompañan con una frecuencia de 80%. En la tabla 16 y la figura 5 se hacen explícitos los valores mencionados.



Tabla 16. Frecuencia por especie a través de la sucesión

Especie / Sere	Frecuencia					Frecuencia %				
	1	2	3	4	Total	1	2	3	4	Total
<i>Myrsine coriacea</i>	3	3	3	5	14	60	60	60	100	70
<i>Miconia sp.</i>	1	5	4	3	13	20	100	80	60	65
<i>Miconia theaezans</i>		4	2	4	10		80	40	80	50
<i>Hedyosmun crenatum</i>		4	3	2	9		80	60	40	45
<i>Weinmannia pinnata</i>			3	4	7			60	80	35
<i>Pteridium aquilinum</i>	4		1		5	80		20		25
<i>Viburnum sp.</i>		2		2	4		40		40	20
<i>Rubus floribundum</i>	2		1		3	40		20		15
<i>Chusquea scandens</i>	1		2		3	20		40		15
<i>Monina sp.</i>		2	1		3		40	20		15
<i>Ageratina tinifolia</i>			1	2	3			20	40	15
<i>Axinea scutigera</i>		1		2	3		20		40	15
<i>Solanum inopinum</i>			3		3			60		15
<i>Clethra lanata</i>				2	2				40	10
<i>Munozia sp.</i>		2			2		40			10
<i>Calamagrostis sp.</i>	1				1	20				5
<i>Brunelia integrifolia</i>				1	1				20	5
<i>Cestrum mutisi</i>				1	1				20	5
<i>Clusia ducu</i>			1		1			20		5
<i>Dodonea viscosa</i>			1		1			20		5
<i>Miconia cundinamarcensis</i>			1		1			20		5
<i>Myrsine guianensis</i>				1	1				20	5
<i>Ocotea calophylla</i>				1	1				20	5
Total general	12	23	27	30	92	240	460	540	600	460

En la sere tres, las especies más frecuentes fueron *Miconia sp.* seguida por *Myrsine coriacea*, *Hedyosmun crenatum* y *Solanum inopinum*. Dichas especies presentaron valores de frecuencia de 80%, 60%, 60% y 60% respectivamente, demostrando mayor importancia las dos primeras de acuerdo a su índice de frecuencia en relación con su dominancia.

En la sere cuatro las especies más frecuentes fueron *Myrsine coriacea* la que demostró una frecuencia de 100% seguida de *Miconia theaezans* y *Weinmannia pinnata* quienes comparten un valor de frecuencia de 80%.

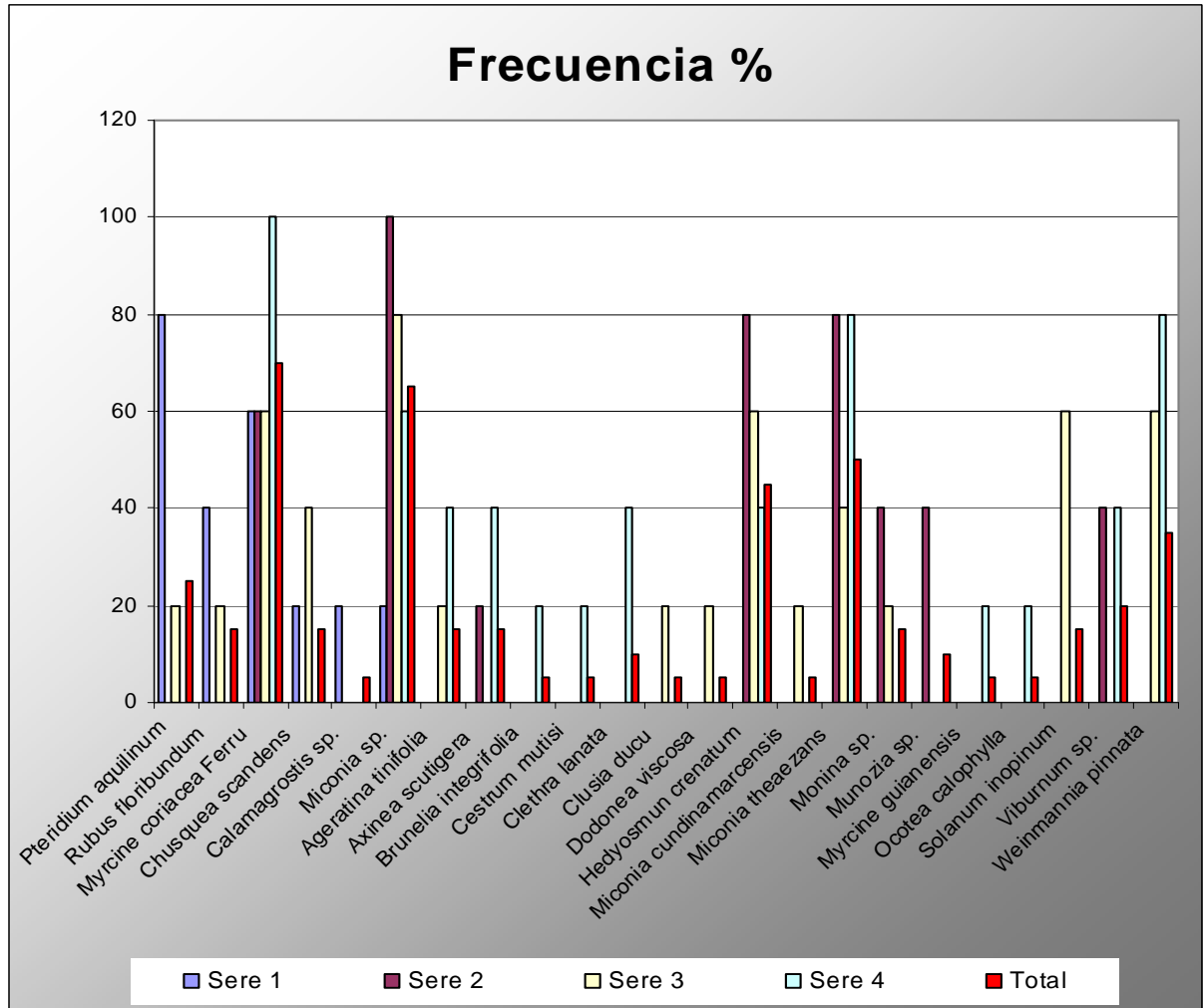


Figura 5. Frecuencia de especies a través de la sucesión.

6.1.2.1.3 Dominancia

La dominancia determina la importancia energética de ciertas especies en cada uno de los estados sucesionales y ligada a la frecuencia definen la forma en que crecen las especies y su respuesta a las condiciones del medio. Esta variable da una idea sencilla de cómo las especies se adaptan, cual es su comportamiento y de que



forma las relaciones que se promueven entre ellas determinan la presencia o ausencia de las mismas. Los datos sobre la dominancia de las especies se citan a continuación:

Tabla 17. Dominancia por especie a través de la sucesión

<i>Especie / Sere</i>	Dominancia					Dominancia %				
	1	2	3	4	Total	1	2	3	4	Total
<i>Myrsine coriacea</i>		78	273	245	597		32	47	27	31
<i>Miconia theaezans</i>		33	50	171	254		13	8.6	19	13
<i>Weinmannia pinnata</i>			15	152	167			2.5	17	8.6
<i>Hedyosmun crenatum</i>		55	71	18	144		22	12	2	7.5
<i>Pteridium aquilinum</i>	121		2.4		124	66		0.4		6.4
<i>Axinea scutigera</i>		0.6		110	111		0.2		12	5.7
<i>Miconia sp.</i>	0.2	28	48	20	96.2	0.1	11	8.2	2.2	5
<i>Ocotea calophylla</i>				96	95.8				10	5
<i>Ageratina tinifolia</i>			20	51	70.7			3.4	5.5	3.7
<i>Rubus floribundum</i>	48		5.5		53.2	26		0.9		2.7
<i>Chusquea scandens</i>	11		38		49.3	6		6.5		2.5
<i>Munozia sp.</i>		41			40.6		16			2.1
<i>Clethra lanata</i>				38	37.7				4.1	1.9
<i>Miconia cundinamarcensis</i>			29		29.5			5		1.5
<i>Clusia ducu</i>			20		19.6			3.4		1
<i>Monina sp.</i>		10	1		11		4.1	0.2		0.6
<i>Solanum inopinum</i>			12		11.8			2		0.6
<i>Viburnum sp.</i>		1.6		8.4	10		0.6		0.9	0.5
<i>Myrsine guianensis</i>				8.4	8.44				0.9	0.4
<i>Calamagrostis sp.</i>	2.4				2.36	1.3				0.1
<i>Brunelia integrifolia</i>				1.6	1.57				0.2	0.1
<i>Cestrum mutisi</i>				0.8	0.79				0.1	0.1
<i>Dodonea viscosa</i>			0.4		0.39			0.1		0
Total general	183	248	585	920	1935	100	100	100	100	100

La abundancia y la frecuencia guardan una alta correlación respecto a las características de distribución de las especies. La dominancia fundamenta y da mayor peso a los resultados obtenidos ya que confirma la participación ecológica y la importancia de las especies que obtienen los más altos valores.



Los análisis hechos para hallar la dominancia relativa de las especies de las diferentes parcelas, determinaron que el mayor valor fue para *Pteridium* con 66%, seguida por la especie *Rubus floribundum* con el 26%.

Los valores estimados para la cobertura (en metros cuadrados), demostró que la especie *Pteridium aquilinum* posee el mayor valor con 121 m², seguida de *Rubus floribundum* con 48 m² en la sere uno.

Las especies que demostraron ser dominantes en la sere dos fueron *Myrsine coriacea* con 32% seguida por *Hedyosmum crenatum* con 22%.

Para la sere tres las especies que demostraron tener los más altos valores de dominancia fueron *Myrsine coriacea* y *Miconia theaezans* presentando valores de 47% y 8,6% respectivamente.

En la sere cuatro las especies dominantes fueron *Myrsine coriacea* y *Miconia theaezans*, presentando valores de 27% y 19% respectivamente.

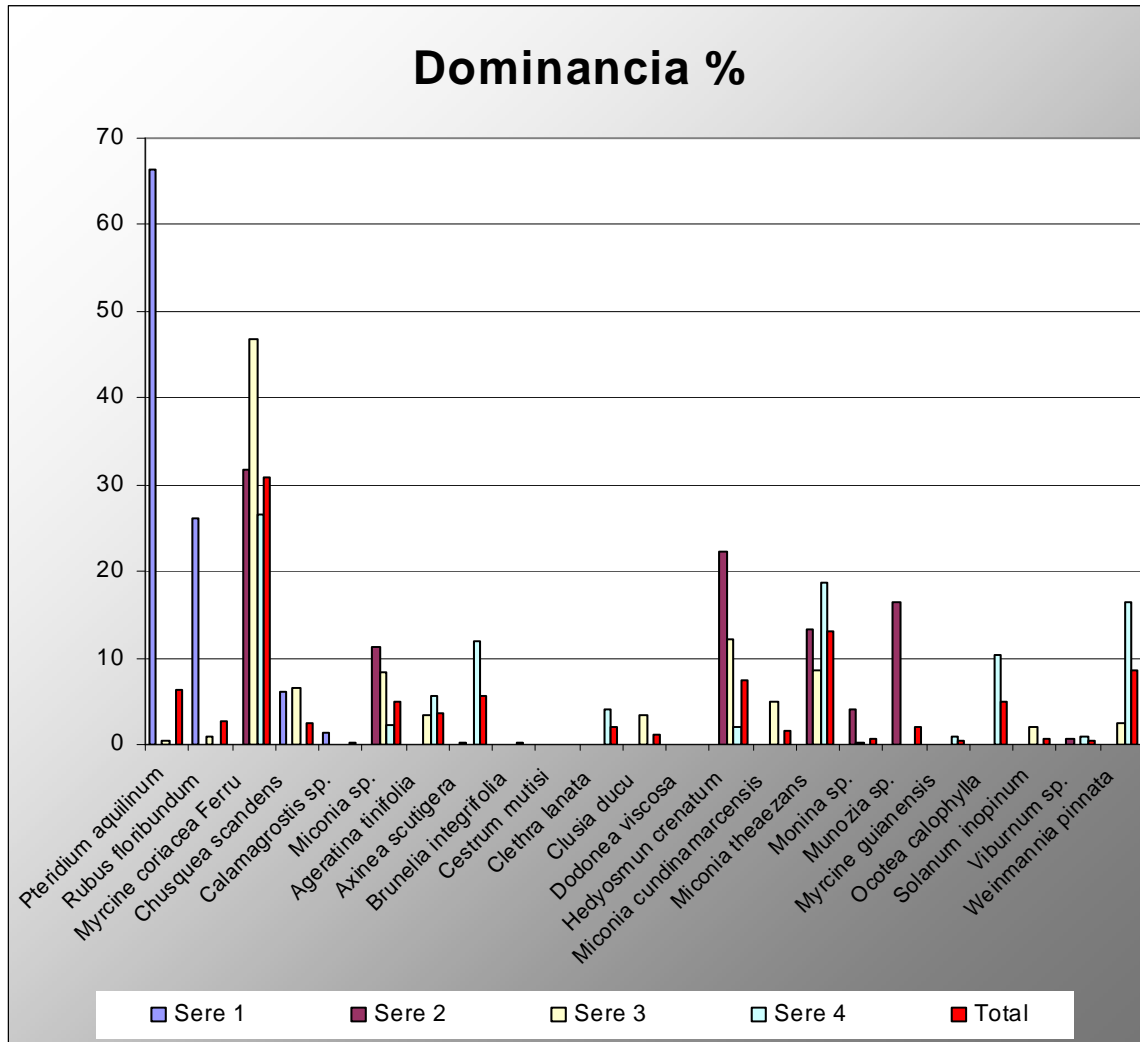


Figura 6. Dominancia de especies a través de la sucesión.



6.1.2.1.4 Índice de Valor de Importancia

Tabla 18. Índice de Valor de Importancia por especie a través de la sucesión.

Especie / Sere	IVI				
	1	2	3	4	Total
<i>Myrsine coriacea</i>	60	107	140	145	117.13
<i>Miconia theaezans</i>	0	102	62	132	78.24
<i>Miconia sp.</i>	21	120	102	69	77.13
<i>Hedyosmun crenatum</i>	0	129	80	45	62.81
<i>Weinmannia pinnata</i>	0	0	69	113	49.57
<i>Pteridium aquilinum</i>	182	0	22	0	39.24
<i>Rubus floribundum</i>	124	0	24	0	30.78
<i>Viburnum sp.</i>	0	43	0	45	22.33
<i>Axinea scutigera</i>	0	21	0	56	22.27
<i>Monina sp.</i>	0	61	22	0	20.92
<i>Chusquea scandens</i>	32	0	56	0	20.57
<i>Ageratina tinifolia</i>	0	0	24	47	19.26
<i>Munozia sp.</i>	0	77	0	0	18.05
<i>Solanum inopinum</i>	0	0	68	0	16.73
<i>Clethra lanata</i>	0	0	0	48	13.07
<i>Ocotea calophylla</i>	0	0	0	34	11.07
<i>Miconia cundinamarcensis</i>	0	0	28	0	7.13
<i>Myrsine guianensis</i>	0	0	0	25	6.64
<i>Clusia ducu</i>	0	0	24	0	6.10
<i>Calamagrostis sp.</i>	22	0	0	0	5.38
<i>Brunelia integrifolia</i>	0	0	0	21	5.25
<i>Cestrum mutisi</i>	0	0	0	20	5.13
<i>Dodonea viscosa</i>	0	0	21	0	5.19
Total general	441	662	743	804	660

Las especies que demostraron tener los más altos valores de Índice de Valor de Importancia en la sere uno fueron *Rubus floribundum* y *Pteridium aquilinum* con valores de 182 y 124 respectivamente, seguidas por *Myrsine coriacea* y *Chusquea scandens*.

De igual forma las especies que mostraron los valores más altos en la sere dos fueron *Hedyosmun crenatum* con un índice de 129 y *Miconia sp.* con un índice de



120, seguidas por *Myrsine coriacea* y *Miconia theaezans* que demostraron índices de 107 y 102 respectivamente.

Las especies que tuvieron los valores más altos en la sere tres fueron *Myrsine coriacea* y *Miconia sp.* con valores de 140 y 102 respectivamente.

En la sere cuatro las especies con mayores valores fueron *Myrsine coriacea* y *Miconia sp.* con valores de 140 y 120 respectivamente, seguidas por *Hedyosmun crenatum* con un valor de 80. Los índices antes mencionados pueden observarse en las figuras 7 y 8.

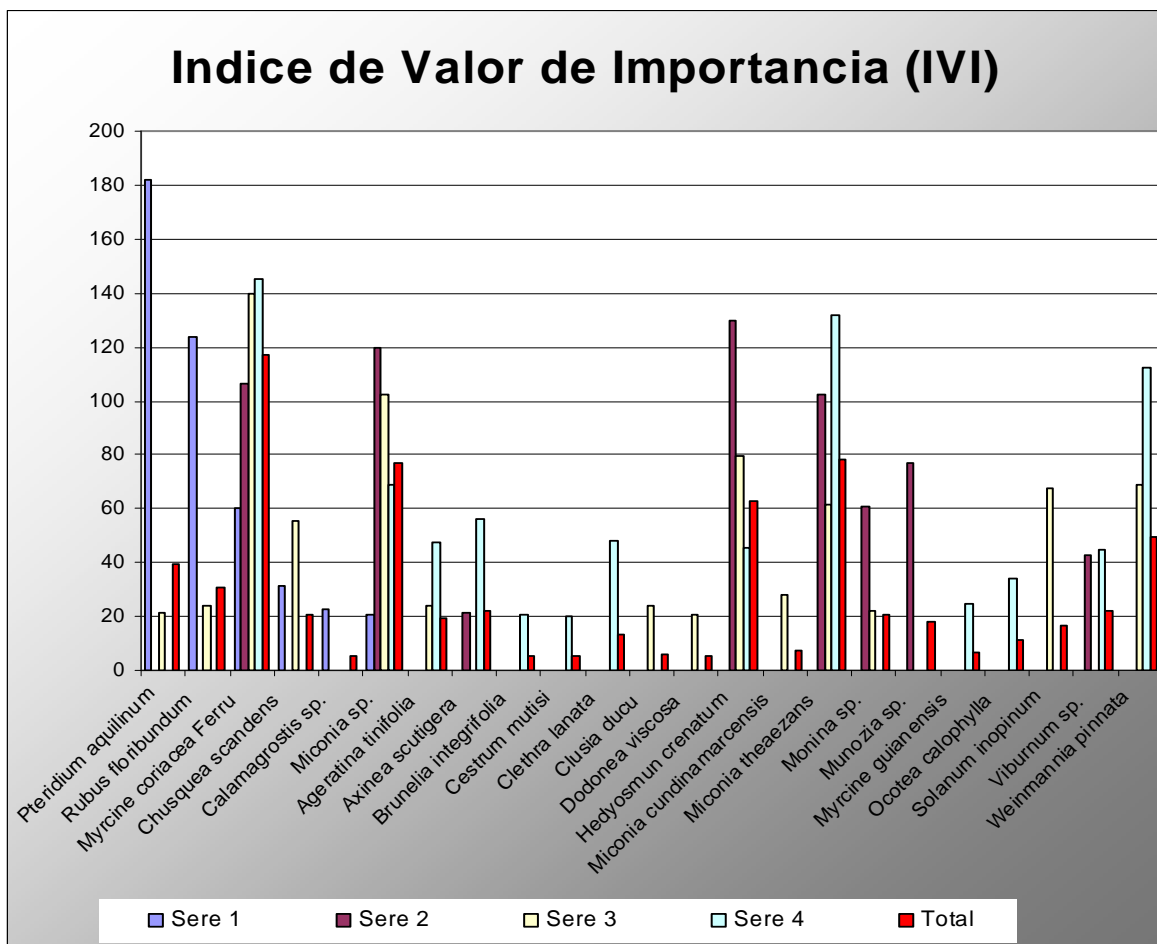


Figura 7. Índice de Valor de Importancia de especies a través de la sucesión.

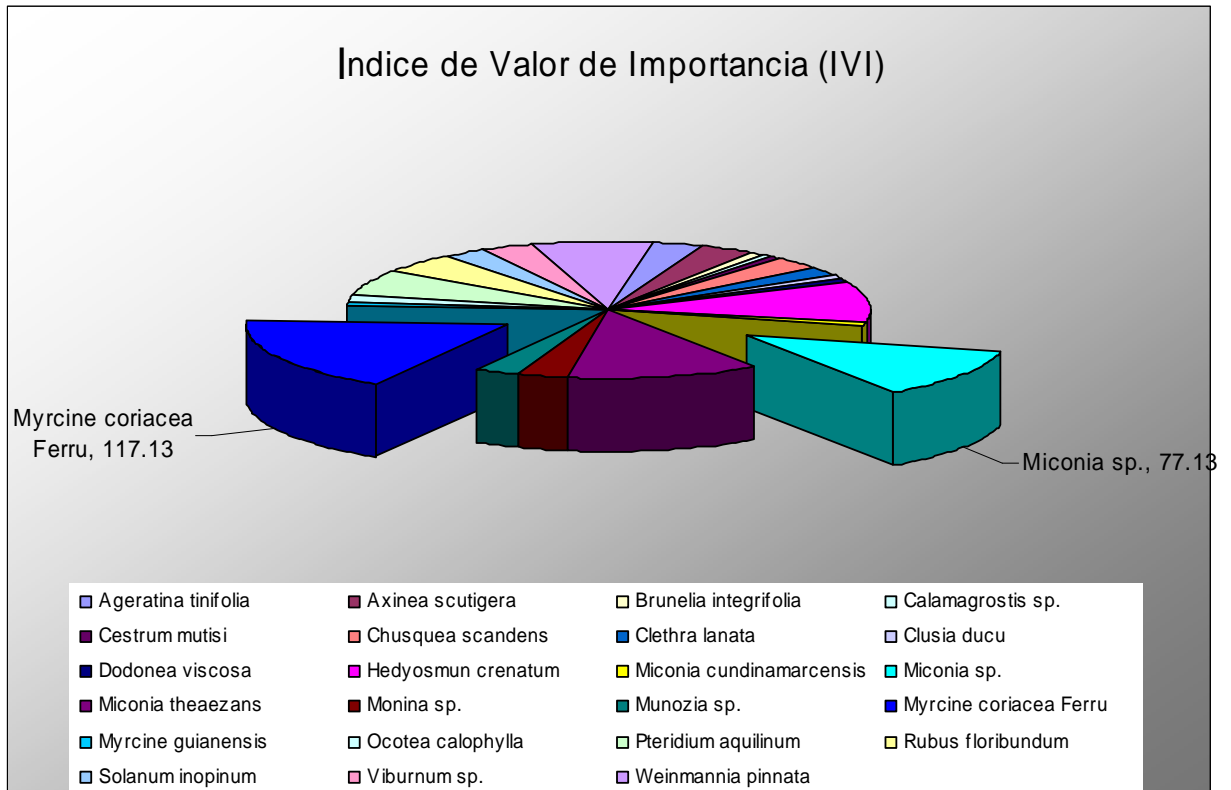


Figura 8. Índice de Valor de Importancia comparativo para especies con mayor valor.

6.1.2.1.5 Diversidad y Riqueza

Los mayores índices de diversidad y riqueza se encontraron localizados hacia las etapas intermedias de desarrollo. La sere tres obtuvo los mayores valores en los índices de Margalef, Menhinick y Cociente de Mezcla presentando valores de 2.394, 0.927 y 0.061 respectivamente, seguida por la sere cuatro con valores de 2.057, 0.703 y 0.038 para los mismos índices.

La sere dos obtuvo el mayor índice de Berger-Parker con un valor de 0.729, seguida por la sere tres con un índice de 0.671.



La sere uno presentó el mayor valor para el índice de Simpson con 1.000, seguida por la sere dos con 0.999. Dichos valores pueden apreciarse en la tabla 19.

Tabla 19. Índices de diversidad y riqueza en diferentes etapas sucesionales

DIVERSIDAD Y RIQUEZA							
FACTOR	Sere 1	Sere 2	Sere 3	Sere 4	Total	Bosque Maduro (Cantillo <i>et al</i> , 2005)	
INDICE						Asociación Ocoteo callophyae	Asociación Clusio multiflorae
No. Individuos	250	339	228	342	1159		
No. Especies	5	8	14	13	23		
Margalef	0.724	1.202	2.394	2.057	3.118	6.200	5.950
Menhinick	0.316	0.435	0.927	0.703	0.676	1.560	1.420
Berger-Parker	0.424	0.729	0.671	0.667	0.837	0.880	0.780
Shanon-Weaver	5.624	5.382	3.964	4.679	5.635	3.020	2.870
Simpson	1.000	0.999	0.996	0.999	1.000	0.930	0.910
Cociente mezcla	0.020	0.024	0.061	0.038	0.020	0.059	0.050

6.1.2.1.6 Otros Aspectos

6.1.2.1.6.1 Índice de Pielou

Tabla 20. Índice de Pielou en diferentes etapas sucesionales

Coeficiente Pielou	
Sere1	73.72
Sere2	33.48
Sere3	8.67
Sere4	3.94
Bosque maduro	0.82

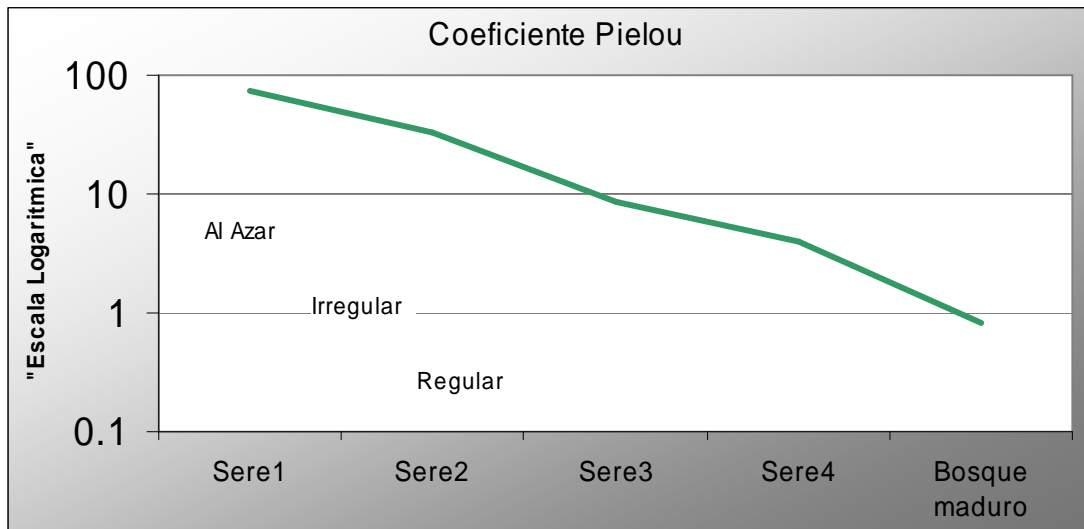


Figura 9. Índice de Pielou en diferentes etapas sucesionales.

6.1.2.1.6.1 Histogramas de Abundancia de Braun - Blanquet

Tabla 21. Clasificación de abundancia por especies (Braun - Blanquet)

CLASIFICACION DE ABUNDANCIA DE BRAUN - BLANQUET POR ESPECIE						
Sere	Rango	1	2	3	4	Total
Muy Espaciados	0-20%	21	21	22	22	23
Espaciados	20-40%	1	2	1	1	0
Poco Numerosos	0-20%	1	0	0	0	0
Números	20-40%	0	0	0	0	0
Muy Numerosos	0-20%	0	0	0	0	0

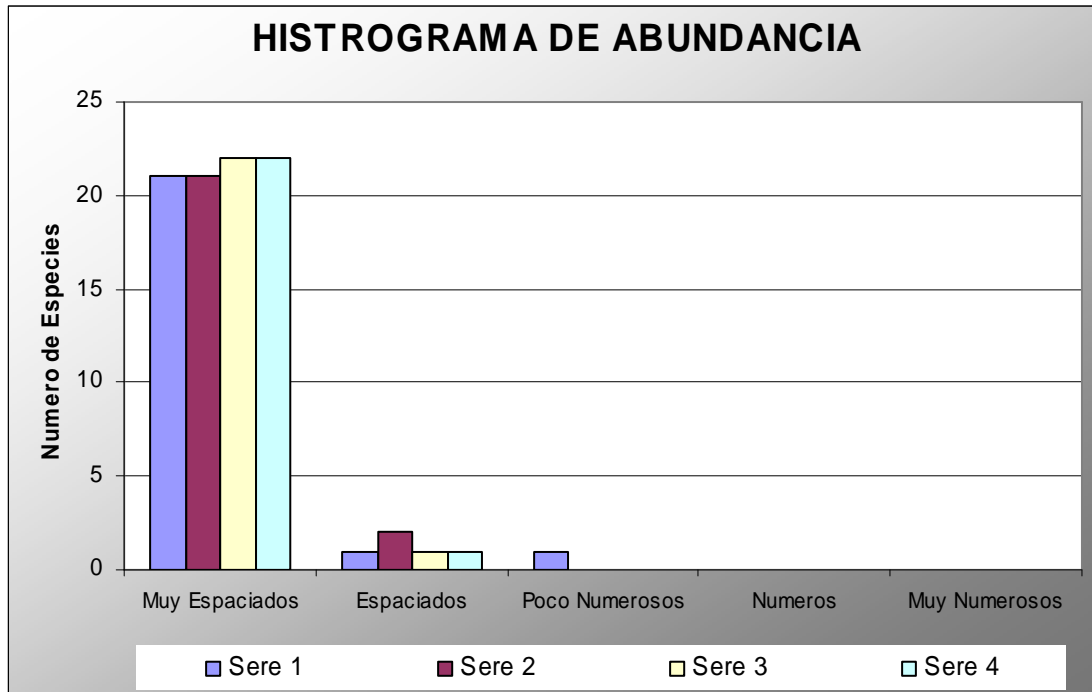


Figura10. Histograma de abundancia.

6.1.2.1.6.1 Histogramas de Frecuencia

Tabla 22. Clasificación de frecuencias por especies

CLASIFICACION DE FRECUENCIA POR ESPECIE						
Sere	Rango	1	2	3	4	Total
Muy poco Frecuente	0-20%	3	15	9	10	16
Poco Frecuente	20-40%	17	1	7	4	3
Frecuente	40-60%	1	3	2	5	2
Bastante Frecuente	60-80%	1	1	4	1	2
Muy Frecuente	80-100%	1	3	1	3	0

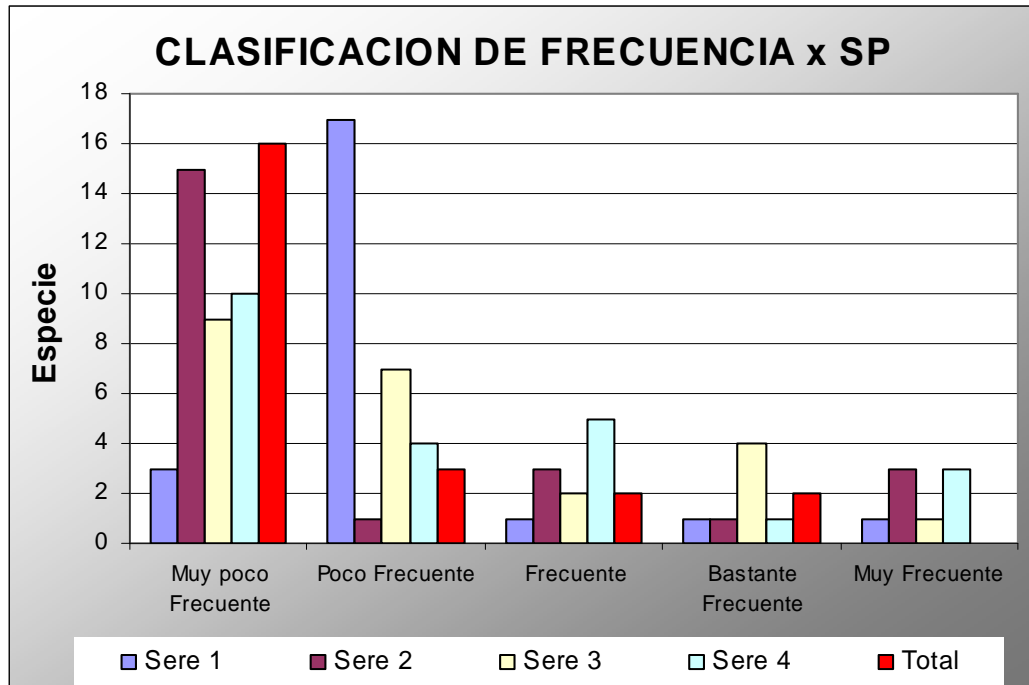


Figura 11. Histograma de Frecuencia.

6.1.3 Caracterización Florística y Análisis Fitosociológico

El análisis de la composición florística mediante tablas fitosociológicas definió la existencia de dos alianzas dentro de las cuales se encuentran cuatro asociaciones, dos de ellas en cada una de las alianzas.

A continuación se presenta la tabla fitosociológica, en la que se ven claramente definidas y diferenciadas las alianzas y asociaciones que determinan el comportamiento social de las especies allí involucradas.



Tabla 23. Tabla fitosociológica de vegetación sucesional de la Reserva Forestal Cárpatos

	Alianza Miconio theaezantis - Myrcion coriaceae														Alianza Rubo floribundi - Pteridion aquilini					
	Asociación Weinmannio pinnatae - Miconietum theaezantis							Asociación Hedyosmo crenati - Myrsinetum coriaceae							Asociación Solano inopini - Chusquetum scandentis			Asociación Rubo floribundi - Pteridietum aquilini		
	L1	L11	L9	L18	L19	L5	L16	L17	L4	L10	L15	L20	L2	L3	L8	L13	L6	L7	L12	L14
LEV	7	5	6	6	6	7	4	5	3	6	3	5	5	5	6	1	2	3	2	1
NO. ESPECIES	13	9	7	15	20	28	17	10	3	17	4	18	11	24	24	13	52	19	27	2
NO. BRINZAL	32	32	13	29	26	17	11	13	9	17	6	23	12	11	9	1		1	5	
NO. RENUEVOS	48	17	22	17	31	87	31	19	14	66	12	12	8	45			102	28		
AREA M2	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
SERE	4	4	3	4	4	2	2	3	2	2	2	4	3	3	3	1	1	1	1	1
IPF SIMPLIFICADO RELATIVO. (%)																				
Especies características de la alianza Miconio theaezantis - Myrcion coriaceae																				
<i>Miconia sp.</i>	7.5	19.4	5.0		4.3	3.7	48.3	9.3	12.4	34.9	10.5	4.4	1.2							1.2
<i>Miconia theaezans</i>	33.8	59.7	47.1	27.2	0.6	25.2	7.3	34.2	5.0		16.7									
<i>Myrsine coriacea</i>	23.4	3.1	35.9	14.7				56.5	28.1	38.6	47.8	18.8	85.7							
Especies características de la alianza Rubo floribundi - Pteridion aquilini																				
<i>Pteridium aquilinum</i>															7.0	26.2	76.3	90.6	100.0	
<i>Rubus floribundum</i>															16.4	73.8	22.5			



Sp. características de la asociación *Weinmannia pinnatae* - *Miconietum theaezantis*

<i>Weinmannia pinnata</i>	13.1	51.3	2.3	2.1	11.6	24.7	0.8
<i>Ageratina tinifolia</i>	8.1	6.4	13.0				
<i>Ocotea calophylla</i>					33.5		
<i>Viburnum sp.</i>	4.4	6.4				0.6	4.7

Especies características de la asociación *Hedyosmo crenati* - *Myrsinetum coriaceae*

<i>Hedyosmun crenatum</i>			3.5	46.6	57.5	13.0	5.2	26.5	16.5	48.7	2.3
<i>Monina sp.</i>				24.5	13.6	6.8					
<i>Axinea scutigera</i>		34.9		1.7					8.5		

Especies características de la asociación *Solano inopini* - *Chusquetum scandentis*

<i>Chusquea scandens</i>							24.1		32.9	100
<i>Solanum inopinum</i>							4.0	2.9	18.9	
<i>Clusia ducu</i>									22.3	

Otras especies presentes

<i>Munozia sp.</i>				21.9			44.6			
<i>Miconia cundinamarcensis</i>									9.5	
<i>Clethra lanata</i>	9.6		6.3							
<i>Brunelia integrifolia</i>				1.7						
<i>Cestrum mutisi</i>		1.1								
<i>Dodonea viscosa</i>			2.6							
<i>Myrsine guianensis</i>				11.3						
<i>Calamagrostis sp.</i>										9.4



Tabla 24. Datos generales de la composición florística de las etapas serales.

DATOS GENERALES						
FACTOR	Alianza Miconio theaezantis - Myrcion coriaceae	Alianza Rubo floribundi - Pteridion aquilini	Asociación Weinmannio pinnatae - Miconietum theaezantis	Asociación Hedyosmo crenati - Myrsinetum coriaceae	Asociación Solano inopini - Chusquetum scandentis	Asociación Rubo floribundi - Pteridietum aquilini
INDICE						
Número de Individuos	876	283	331	545	47	236
Número de Levantamientos	14	6	5	9	2	4
Área por Levantamiento (mts 2)	36	36	36	36	36	36
Área Total (Ha)	0.0504	0.0216	0.018	0.0324	0.0072	0.0144
Número de Individuos por Ha.	17380.95	13101.85	18388.89	16820.99	6527.78	16388.89

6.1.3.1 Alianza Rubo floribundi - Pteridion aquilini

Esta alianza esta constituida por los levantamientos L6, L7, L12, L13 y L14

Tabla 25. Datos Estructurales de la alianza Rubo floribundi - Pteridion aquilini

<i>Alianza Rubo floribundi - Pteridion aquilini.</i>				
Especie	Dominancia %	Frecuencia %	Abundancia %	IVI
<i>Pteridium aquilinum</i>	53.85	83.33	32.16	169.33
<i>Rubus floribundum</i>	23.16	50.00	53.36	126.52
<i>Chusquea scandens</i>	9.57	33.33	9.89	52.80
<i>Clusia ducu</i>	8.55	16.67	0.35	25.57
<i>Solanum inopinum</i>	3.42	16.67	2.47	22.56
<i>Calamagrostis sp.</i>	1.03	16.67	1.06	18.75
<i>Hedyosmun crenatum</i>	0.34	16.67	0.35	17.36
<i>Miconia sp.</i>	0.09	16.67	0.35	17.11
Total general	100.00	100.00	100	300.00



Dentro de la alianza *Rubus floribundi* - *Pteridium aquilini* se encontraron dos asociaciones diferentes a saber:

1. Asociación *Rubus floribundi* - *Pteridietum aquilini*
2. Asociación *Solanum inopinum* - *Chusquetum scandentis*.

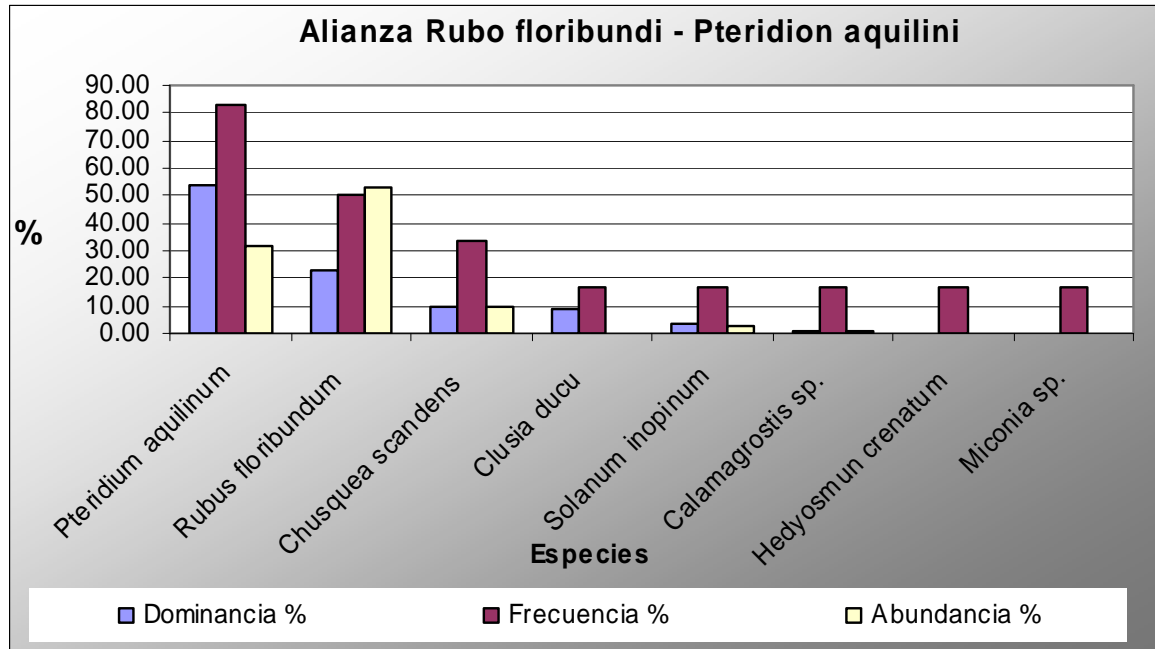


Figura 12. Valores de frecuencia, dominancia y abundancia de la alianza *Rubus floribundi* - *Pteridium aquilini*.

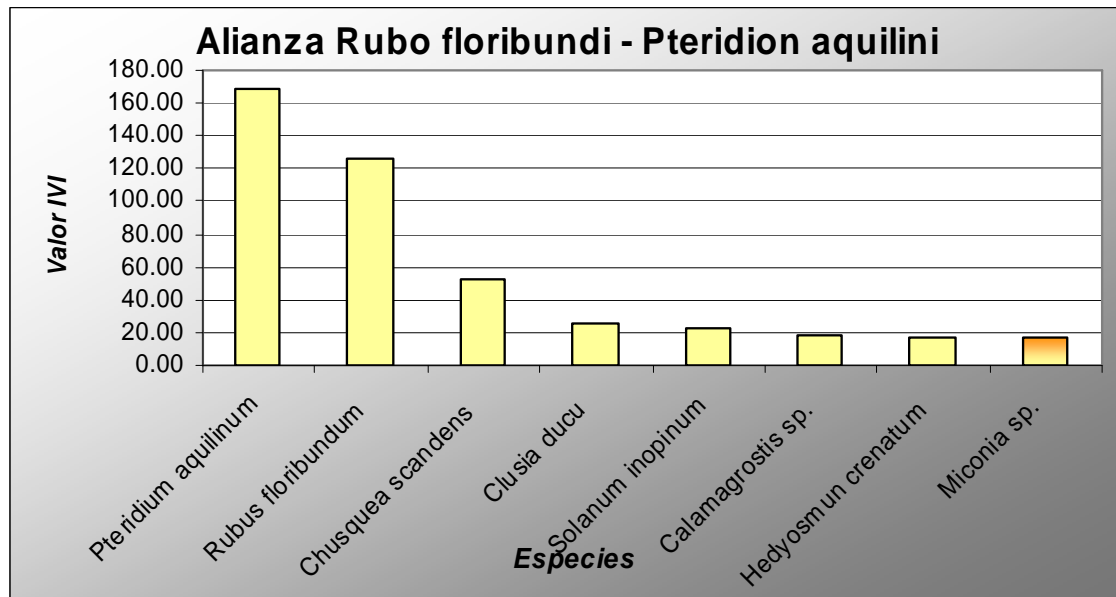


Figura 13. Índice de Valor de Importancia de la alianza Rubo floribundi - Pteridion aquilini

6.1.3.2 Asociación Rubo floribundi - Pteridietum aquilini

Tabla 26. Datos Estructurales de la Asociación Rubo floribundi - Pteridietum aquilini.

Asociación Rubus floribundum - Pteridium aquilinum				
Especie	Dominancia %	Frecuencia %	Abundancia %	IVI
Pteridium aquilinum	70.71	100	37.29	208.00
Rubus floribundum	27.80	50	61.02	138.82
Calamagrostis sp.	1.37	25	1.27	27.64
Miconia sp.	0.11	25	0.42	25.54
Total general	100.00	100	100.00	300.00

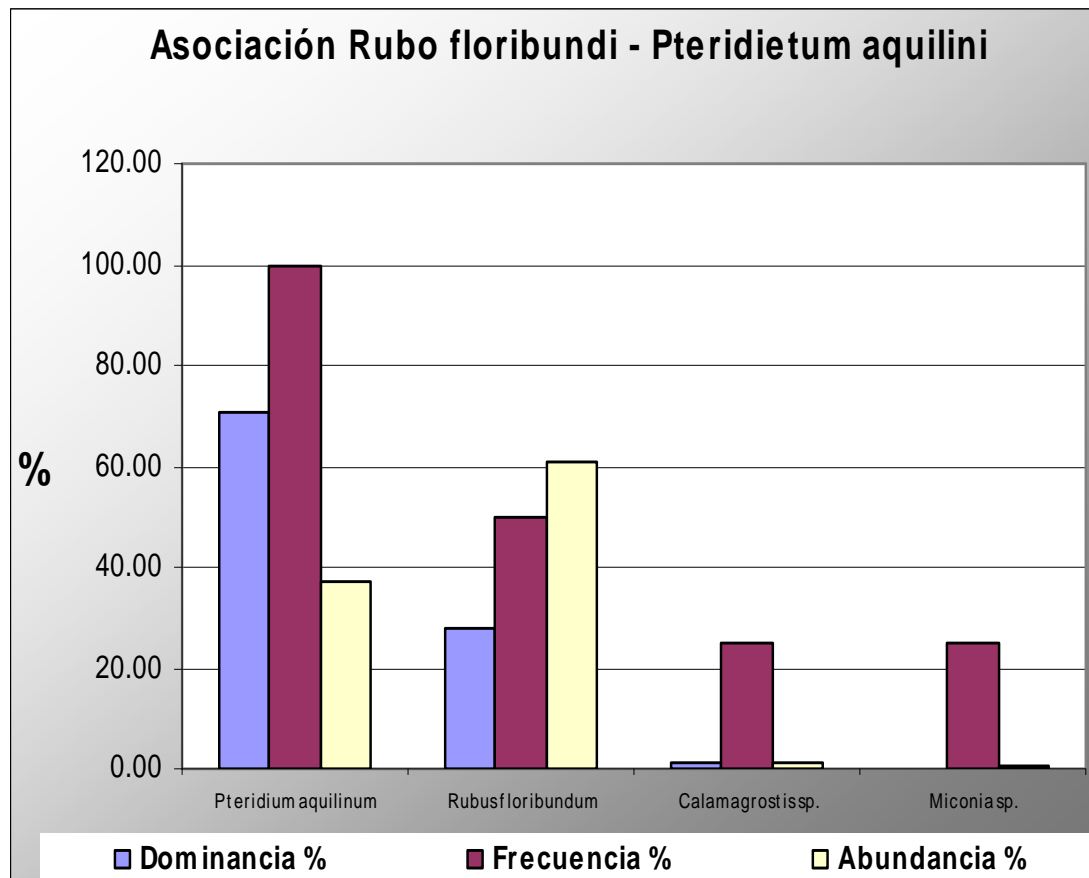


Figura 14. Valores de frecuencia, dominancia y abundancia de la asociación *Rubus floribundi* - *Pteridietum aquilini*.

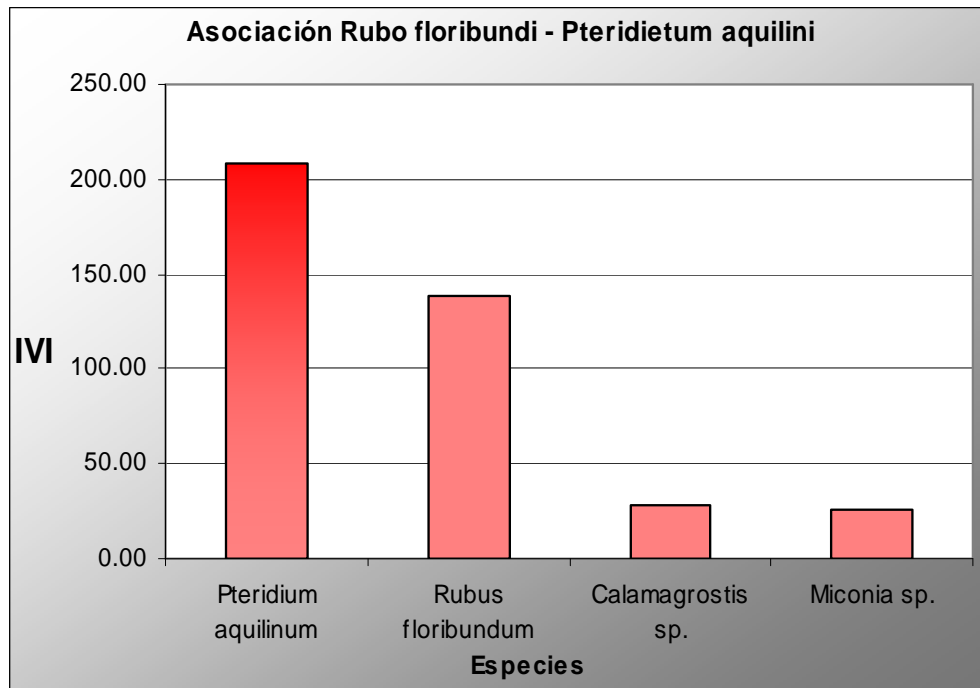


Figura 15. Índice de Valor de Importancia de la asociación Rubo floribundi - Pteridietum aquilini.

6.1.3.3 Asociación Solano inopini - Chusquetum scandentis

Tabla 27. Datos Estructurales de la asociación Solano inopini - Chusquetum scandentis.

Asociación Solanum inopinum - Chusquea scandens				
Especie	Dominancia %	Frecuencia %	Abundancia %	IVI
Chusquea scandens	37.84	100	59.57	197.41
Clusia ducu	33.78	50	2.13	85.91
Solanum inopinum	13.51	50	14.89	78.41
Rubus floribundum	9.46	50	14.89	74.35
Pteridium aquilinum	4.05	50	6.38	60.44
Hedyosmun crenatum	1.35	50	2.13	53.48
Total general	100	100	100	300

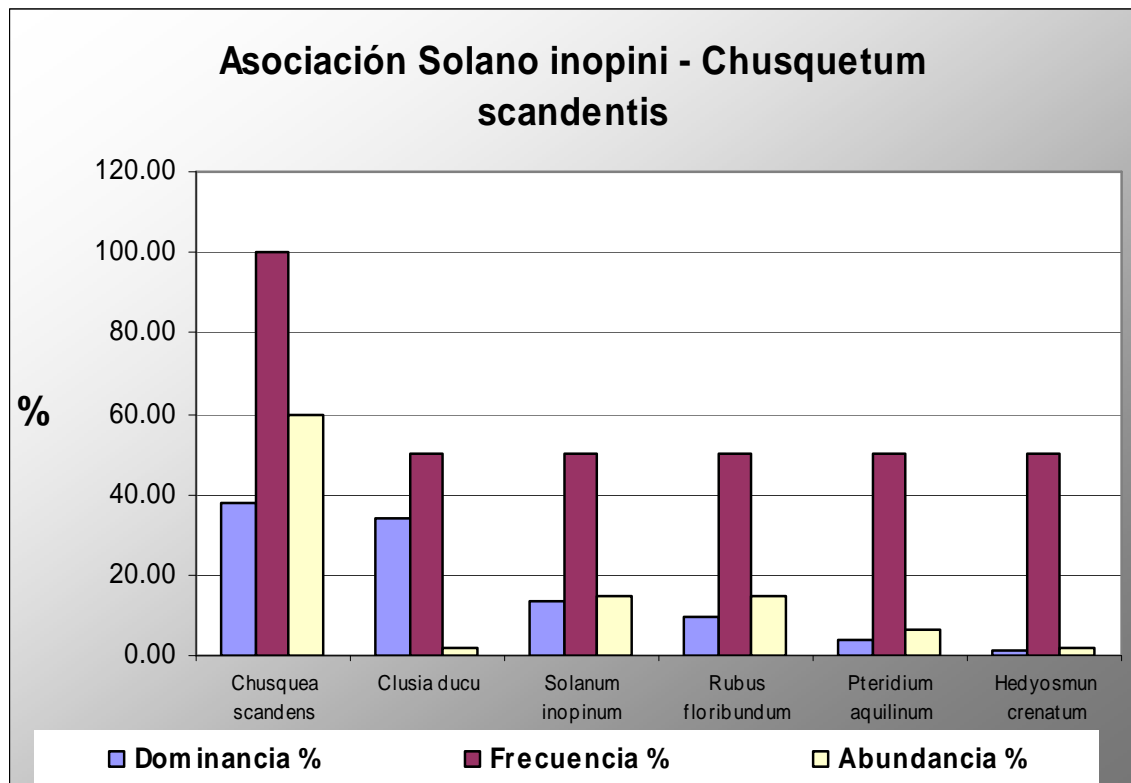


Figura 16. Valores de frecuencia, dominancia y abundancia de la asociación Solano inopini - Chusquetum scandentis.

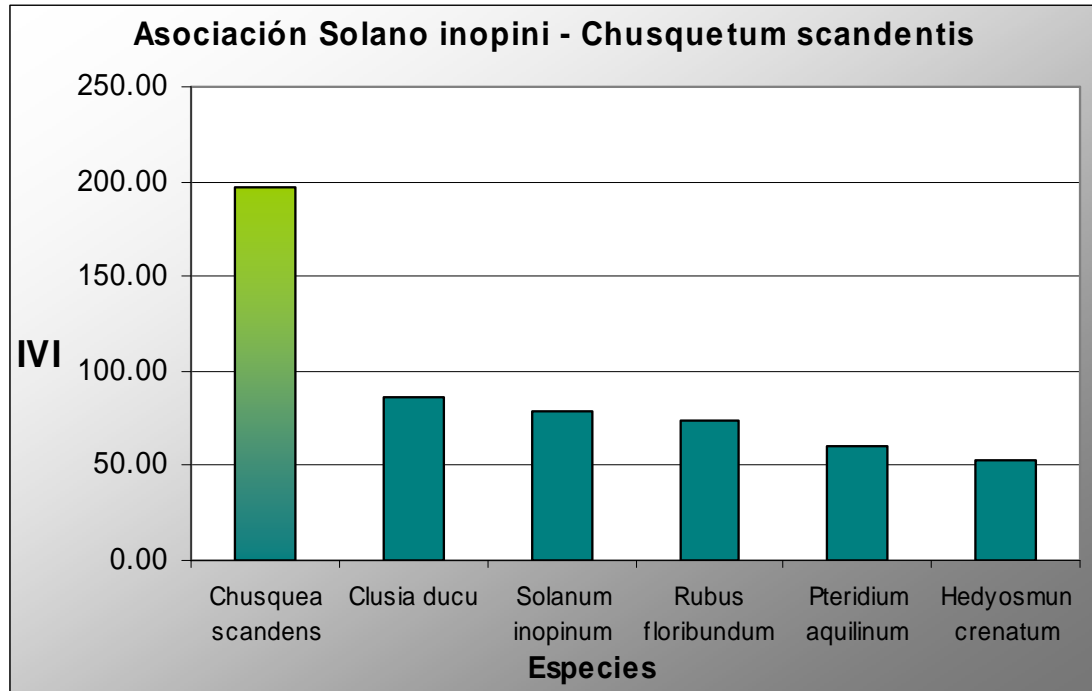


Figura 17. Índice de Valor de Importancia de la asociación Solano inopini - Chusquetum scandentis.

6.1.3.4 Alianza Miconio theaezantis - Myrcion coriaceae

Esta alianza se encuentra constituida por los levantamientos L1, L11, L9, L18, L19, L5, L16, L17, L4, L10, L15, L20, L2 y L3 con una mayor complejidad funcional y en razón a ella, una mayor diversidad.



Tabla 28. Datos estructurales de la alianza *Miconia theaezans* - *Myrsine coriacea*.

<i>Alianza Miconia theaezans - Myrsine coriacea</i>				
Especie	Dominancia %	Frecuencia %	Abundancia %	IVI
<i>Miconia</i> sp.	5.63	150	9.36	164.99
<i>Myrsine coriacea</i>	34.98	71.43	21.58	127.98
<i>Miconia theaezans</i>	14.91	71.43	19.98	106.32
<i>Hedyosmun crenatum</i>	8.42	57.14	13.58	79.14
<i>Weinmannia pinnata</i>	9.78	50.00	7.88	67.65
<i>Viburnum</i> sp.	0.59	28.57	2.40	31.56
<i>Axinea scutigera</i>	6.48	21.43	2.05	29.97
<i>Monina</i> sp.	0.65	21.43	7.08	29.15
<i>Ageratina tinifolia</i>	4.14	21.43	0.80	26.37
<i>Munozia</i> sp.	2.38	14.29	7.88	24.55
<i>Clethra lanata</i>	2.21	14.29	1.48	17.98
<i>Solanum inopinum</i>	0.23	14.29	0.68	15.20
<i>Ocotea calophylla</i>	5.62	7.14	1.48	14.25
<i>Miconia cundinamarcensis</i>	1.73	7.14	0.80	9.67
<i>Chusquea scandens</i>	1.60	7.14	0.80	9.54
<i>Myrsine guianensis</i>	0.50	7.14	1.60	9.24
<i>Brunelia integrifolia</i>	0.09	7.14	0.23	7.46
<i>Dodonea viscosa</i>	0.02	7.14	0.23	7.39
<i>Cestrum mutisi</i>	0.05	7.14	0.11	7.30
Total general	100.00	100	100.00	300.00

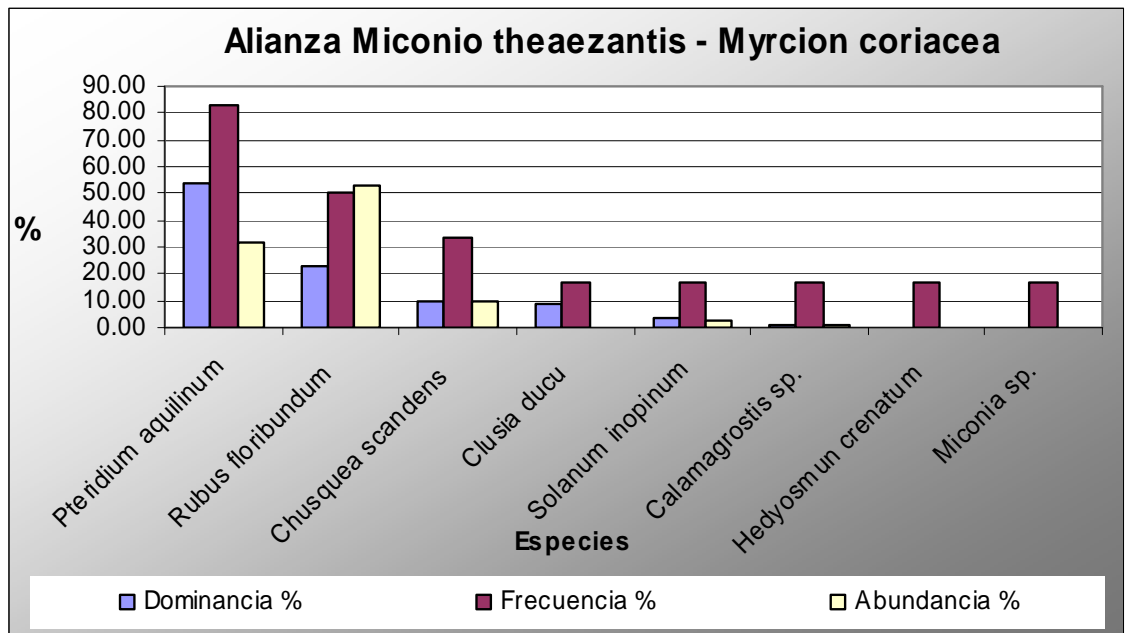


Figura 18. Valores de frecuencia, dominancia y abundancia de la Alianza Miconio theaezantis - Myrcion coriacea.

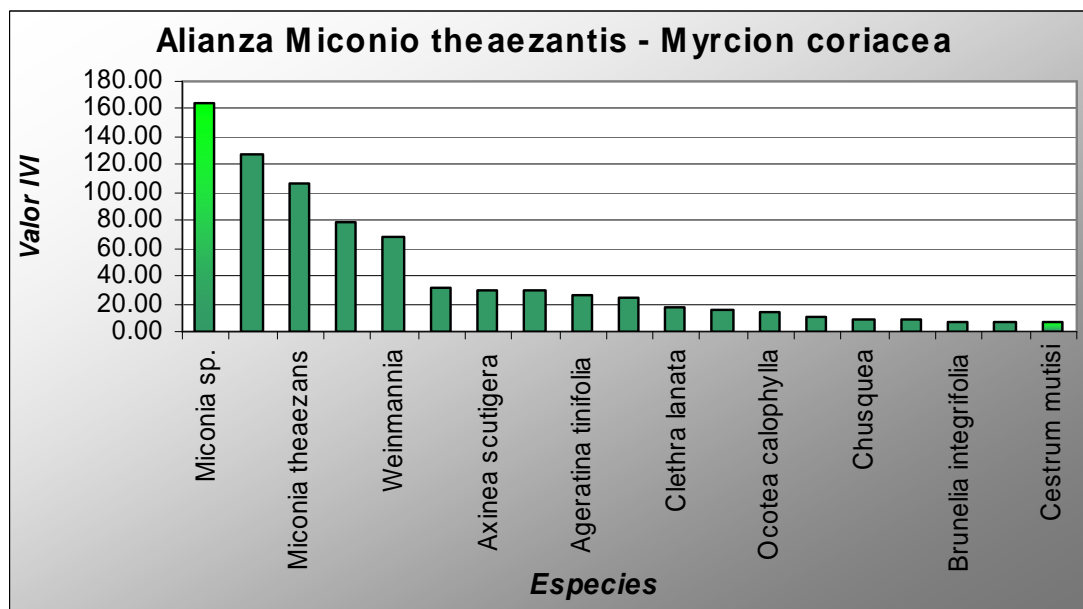


Figura 19. Índice de Valor de Importancia de la alianza Miconio theaezantis - Myrcion coriacea.



6.1.3.5 Asociación Hedyosmo crenati - Myrsinetum coriaceae

Tabla 29. Datos estructurales de la asociación Hedyosmo crenati - Myrsinetum coriaceae.

Asociación Hedyosmun crenatum - Myrsine coriacea				
Especie	Dominancia %	Frecuencia %	Abundancia %	IVI
Myrsine coriacea	49.28	66.67	27.71	143.66
Miconia sp.	9.15	100.00	10.28	119.42
Hedyosmun crenatum	17.84	77.78	21.28	116.91
Miconia theaezans	6.70	66.67	7.71	81.07
Monina sp.	1.41	33.33	11.38	46.12
Munozia sp.	5.17	22.22	12.66	40.06
Weinmannia pinnata	1.65	22.22	2.39	26.26
Axinea scutigera	0.87	22.22	1.47	24.56
Viburnum sp.	0.20	22.22	1.47	23.89
Solanum inopinum	0.50	22.22	1.10	23.82
Miconia cundinamarcensis	3.75	11.11	1.28	16.14
Chusquea scandens	3.47	11.11	1.28	15.87
Total general	100	100	100	300

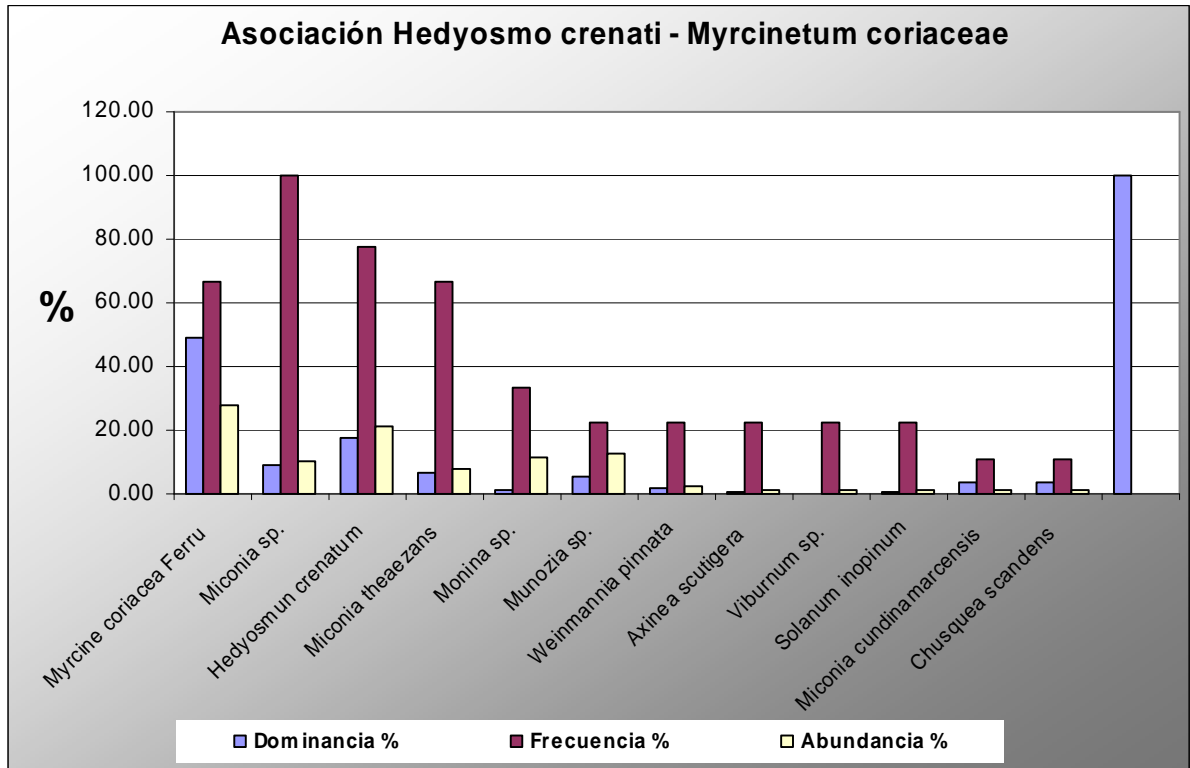


Figura 20. Valores de frecuencia, dominancia y abundancia de la asociación *Hedyosmo crenati* - *Myrsinetum coriaceae*.

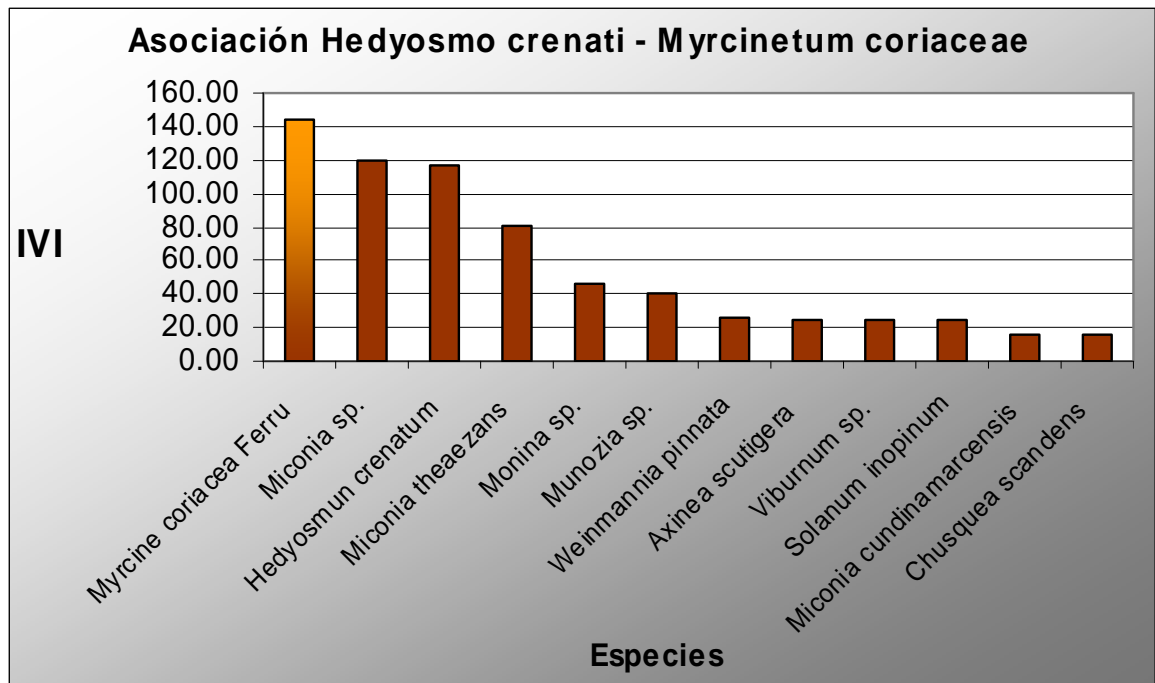


Figura 21. Índice de Valor de Importancia de la asociación Hedyosmo crenati - Myrsinetum coriaceae.



6.1.3.6 Asociación *Weinmannia pinnatae* - *Miconium theaezantis*

Tabla 30. Datos estructurales de la asociación *Weinmannia pinnatae* - *Miconium theaezantis*.

Asociación <i>Weinmannia pinnatae</i> - <i>Miconium theaezans</i>				
Especie	Dominancia %	Frecuencia %	Abundancia %	IVI
<i>Miconia theaezans</i>	21.92	80	40.18	142.11
<i>Weinmannia pinnata</i>	16.72	100	16.92	133.63
<i>Myrsine coriacea</i>	22.76	80	11.48	114.24
<i>Miconia</i> sp.	2.63	60	7.85	70.48
<i>Ageratina tinifolia</i>	7.69	60	2.11	69.80
<i>Clethra lanata</i>	4.10	40	3.93	48.03
<i>Viburnum</i> sp.	0.92	40	3.93	44.85
<i>Ocotea calophylla</i>	10.42	20	3.93	34.35
<i>Axinea scutigera</i>	11.27	20	3.02	34.29
<i>Myrsine guianensis</i>	0.92	20	4.23	25.15
<i>Hedyosmum crenatum</i>	0.36	20	0.91	21.27
<i>Brunelia integrifolia</i>	0.17	20	0.60	20.78
<i>Dodonea viscosa</i>	0.04	20	0.60	20.65
<i>Cestrum mutisi</i>	0.09	20	0.30	20.39
Total general	100.00	100	100.00	300.00

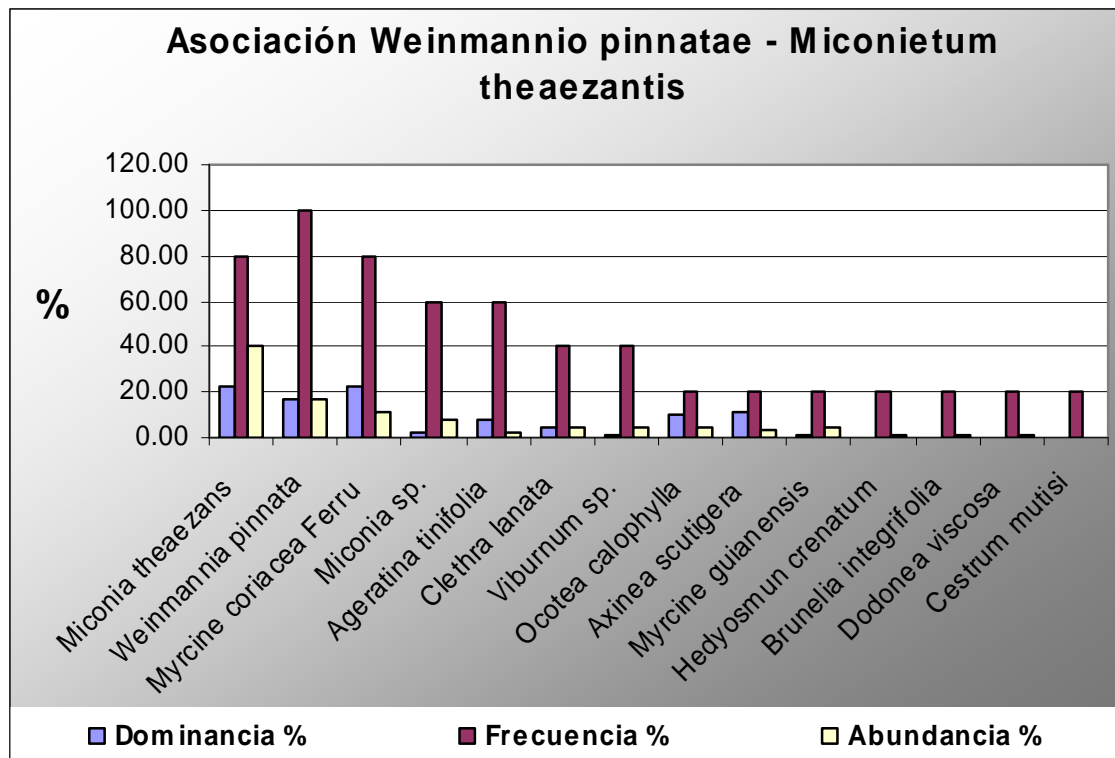


Figura 22. Valores de frecuencia, dominancia y abundancia de la asociación *Weinmannia pinnatae* - *Miconieturn theaezantis*.

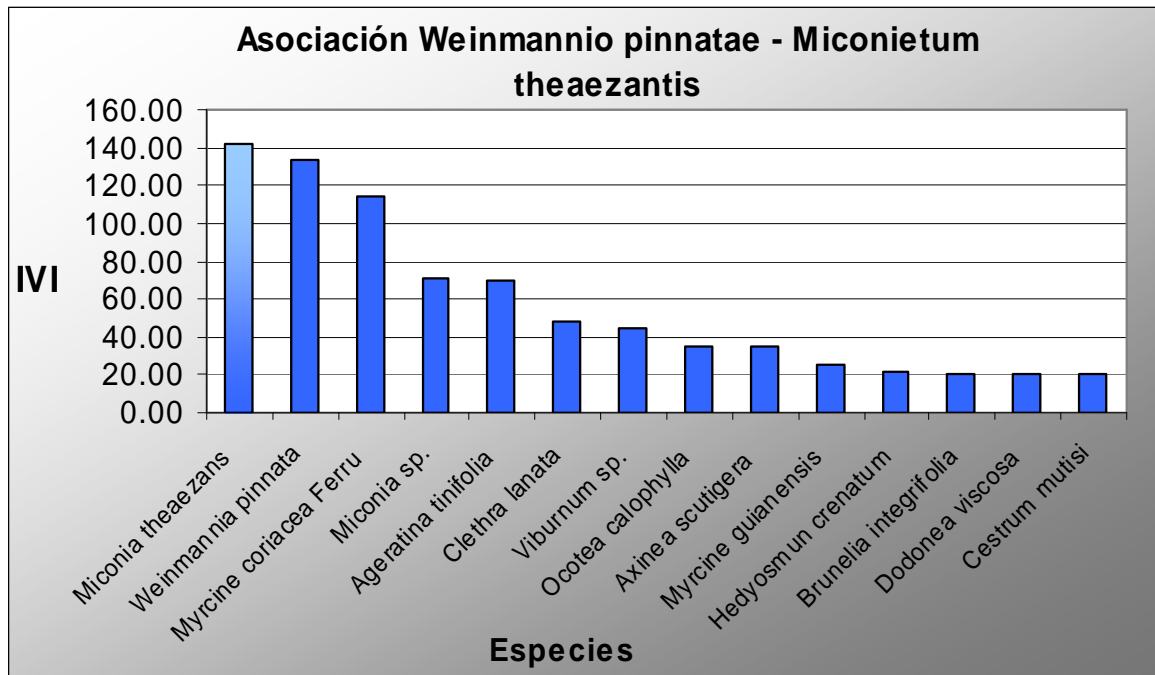


Figura 23. Índice de Valor de Importancia de la asociación Weinmannio pinnatae - Miconietum theaezantis.



6.1.3.7 Síntesis Florístico Estructural del Seguimiento Sucesional

Tabla 31. Síntesis de características y parámetros florístico estructurales.

SITIO		RESERVA FORESTAL CÁRPATOS (GURSCA, CUNDINAMARCA)						
ALTITUD (m.s.n.m.)		2650 - 3000 msnm						
CLASIFICACIÓN FITOSOCIOLÓGICA	Grupos Fitosociológicos	Alianza Miconia theaezans - Myrcine coriacea	Alianza Rubus floribundum - Pteridium aquilinum	Asociación Weinmannia pinnata - Miconia theaezans	Asociación Hedysmum crenatum - Myrcine coriacea	Asociación Solanum inopinum - Chusquea scandens	Asociación Rubus floribundum - Pteridium aquilinum	
ESTRUCTURA VERTICAL	Estratificación	Renuevos de (0 - 0.25 mts) Brinzal (0.25 - 1.5 mts) Latizal (1.5 - 7 mts)	Renuevos (0 - 0.25 mts) Brinzal (0.25 - 1.5 mts) Latizal (1.5 - 4.3 mts)	Renuevos (0 - 0.25 mts) Brinzal (0.25 - 1.5 mts) Latizal (1.5 - 7 mts)	Renuevos (0 - 0.25 mts) Brinzal (0.25 - 1.5 mts) Latizal (1.5 - 5 mts)	Renuevos (0 - 0.25 mts) Brinzal (0.25 - 1.5 mts) Latizal (1.5 - 2.3 mts)	Renuevos (0 - 0.25 mts) Brinzal (0.25 - 1.5 mts) Latizal (1.5 - 4.3 mts)	
	Altura promedio dosel	1.15 m	0.65 m	1.59 mts	0.88 mts	1.06 mts	0.57 mts	
	Nº de clases de altura	3	3	3	3	3	3	
	Clase mayor de alturas	Renuevos entre 0 - 0.25 mts (48%)	Brinzal de 0.25 - 1.5 mts (48%)	Renuevos entre 0 - 0.25 mts (41%)	Renuevos entre 0 - 0.25 mts (54%)	Brinzal de 0.25 - 1.5 mts (78%)	Renuevos entre 0 - 0.25 mts (55%)	
ESTRUCTURA HORIZONTAL	Índice de Predominio Fisionómico <i>Simplificado en el muestreo</i>	Miconia sp. (48.3%) Miconia theaezans (59.7%) Myrcine coriacea (85.7%) Miconia theaezans (106.32)	Pteridium aquilinum (100%) Rubus floribundum (73.9%) Chusquea scandens (52.8)	Weinmannia pinnata (51.3%) Ageratina triifolia (13%) Coothea calophylla (33.5%) Miconia theaezans (142.11)	Hedysmum crenatum (57.5%) Miconia sp. (24.5%) Axinea scutifera (8.5%) Hedysmum crenatum (116.91)	Chusquea scandens (100%) Solanum inopinum (18.9%) Clusia dudu (22.3%) Chusquea scandens (197.41)	Pteridium aquilinum (100%) Rubus floribundum (73.9%) Pteridium aquilinum (208)	
	Índice de valor de importancia	Myrcine coriacea Ferru (127.98) Miconia sp. (164.99)	Rubus floribundum (126.56) Pteridium aquilinum (169.33)	Myrcine coriacea Ferru (114.24) Weinmannia pinnata (133.63)	Miconia sp. (119.42) Myrcine coriacea Ferru (143.66)	Rubus floribundum (74.36) Solanum inopinum (78.31)	Rubus floribundum (138.82) Calamagrostis sp. (27.64)	
	DAP Promedio	1.11	0.82	1.36	0.95	1.11	0.76	
	Nº de clases diamétricas (Sturges)	11	9	9	10	7	9	
	Nº de clases diamétricas (cada 10 cm)	1	1	1	1	1	1	
	Mayor Clase diamétrica	Clase I entre 0.1 - 0.9 cms (49%)	Clase I entre 0.5 - 1.4 cms (98%)	Clase I entre 0.5 - 1.2 cms (73%)	Clase I entre 0.1 - 0.99 cms (55%)	Clase I entre 1 - 1.5 cms (75%)	Clase I entre 0.5 - 1.4 cms (99%)	
DIVERSIDAD	Índice de valor de importancia por familias	CUNONIACEAE (67.65) MELASTOMATACEAE (160.94) MYRSINACEAE (130.08)	BAMBUSEAE (62.8) HIPOLEPIDACEAE (169.3) ROSACEAE (126.5)	CUNONIACEAE (133.63) MELASTOMATACEAE (186.88) MYRSINACEAE (119.39)	CHLORANTHACEAE (116.91) MELASTOMATACEAE (141.2) MYRSINACEAE (143.66)	BAMBUSEAE (69.57) ROSACEAE (14.89) SOLANACEAE (14.89)	HIPOLEPIDACEAE (208) POACEAE (27.64) ROSACEAE (138.82)	
	Nº de individuos por estrato	Renuevos (429), Brinzales (196), Latizales (251)	Renuevos (130), Brinzales (137), Latizales (16)	Renuevos (135), Brinzales (64), Latizales (132)	Renuevos (294), Brinzales (132), Latizales (119)	Renuevos (0), Brinzales (37), Latizales (10)	Renuevos (130), Brinzales (100), Latizales (6)	
	Número de individuos por Ha	17380.95	13101.85	18388.89	16820.99	6527.78	16389.89	
	Nº de especies por estrato	Renuevos (13), Brinzales (16), Latizales (17)	Renuevos (3), Brinzales (6), Latizales (5)	Renuevos (7), Brinzales (11), Latizales (13)	Renuevos (11), Brinzales (10), Latizales (10)	Renuevos (0), Brinzales (6), Latizales (4)	Renuevos (3), Brinzales (3), Latizales (2)	
	Número de especies	19	8	14	12	6	4	
	Número de géneros	16	8	12	10	6	4	
	Número de familias	13	8	11	9	6	4	
	Familias	ASTERACEAE (8.68%) CHLORANTHACEAE (13.58%) MELASTOMATACEAE (32.19%) MYRSINACEAE (23.17%)	BAMBUSEAE (9.89%) HIPOLEPIDACEAE (32.16%) ROSACEAE (63.36%) SOLANACEAE (2.47%)	CAPRIFOLIACEAE (3.93%) CUNONIACEAE (16.92%) MELASTOMATACEAE (61.06%) MYRSINACEAE (15.71%)	ASTERACEAE (12.66%) CHLORANTHACEAE (21.28%) MELASTOMATACEAE (20.73%) MYRSINACEAE (27.71%)	ASTERACEAE (12.66%) HIPOLEPIDACEAE (6.38%) ROSACEAE (14.89%) SOLANACEAE (14.89%)	HIPOLEPIDACEAE (37.29%) MELASTOMATACEAE (0.42%) POACEAE (1.27%) ROSACEAE (6.102%)	
	Familias por estrato	Ren: Melastomataceae (34.73%), Myrsinaceae (24.94%) Bri: Melastomataceae (28.57%), Myrsinaceae (20.92%) Lat: Melastomataceae (30.88%), Myrsinaceae (21.91%)	Ren: Hipolepidaceae (13.85%), Rosaceae (85.38%) Bri: Hipolepidaceae (49.64%), Rosaceae (29.2%) Lat: Hipolepidaceae (31.25%), Solanaceae (31.25%)	Ren: Melastomataceae (72.59%), Cunoniaceae (12.59%) Bri: Melastomataceae (40.63%), Myrsinaceae (15.63%) Lat: Melastomataceae (34.09%), Cunoniaceae (23.48%)	Ren: Myrsinaceae (31.29%), Polygonaceae (19.05%) Bri: Chloranthaceae (28.03%), Myrsinaceae (23.48%) Lat: Chloranthaceae (29.41%), Melastomataceae (23.53%)	-- Bri: Bambuseae (67.57%), Rosaceae (18.92%) Lat: Bambuseae (30%), Solanaceae (50%)	Ren: Hipolepidaceae (13.85%), Rosaceae (85.38%) Bri: Hipolepidaceae (66%), Rosaceae (33%) Lat: Hipolepidaceae (66.67%), Poaceae (33.33%)	
	Especies por estrato	Ren: Miconia theaezans (23.54%) Bri: Hedysmum crenatum, Myrcine coriacea Ferru (19.9%) Lat: Myrcine coriacea Ferru (21.12%)	Ren: Rubus floribundum (85.38%) Bri: Pteridium aquilinum (49.64%) Lat: Pteridium aquilinum, Solanum inopinum (31.25%)	Ren: Miconia theaezans (61.48%) Bri: Miconia theaezans (31.25%) Lat: Weinmannia pinnata (23.48%)	Ren: Myrcine coriacea Ferru (31.29%) Bri: Hedysmum crenatum (28.03%) Lat: Hedysmum crenatum (29.41%)	-- Bri: Chusquea scandens (67.57%) Lat: Solanum inopinum (50%)	Ren: Rubus floribundum (85.38%) Bri: Pteridium aquilinum (66%) Lat: Pteridium aquilinum (66.67%)	
	INDICES DE RIQUEZA	Margalef	2.66	1.24	2.24	1.75	1.30	0.55
		Menhick	0.64	0.48	0.77	0.51	0.88	0.26
		Cociente de mezola	1.46	2.71	3.71	2.91	6.47	1.59
	INDICES DE EQUIDAD	Shannon-Wiener	0.02	0.03	0.04	0.02	0.13	0.02
Simpson		5.51	5.12	4.52	5.48	2.84	5.87	
Berger - Parker		1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	
		0.78	0.47	0.60	0.72	0.40	0.39	



6.1.3.8 Dendrograma

A partir del análisis de similitud entre levantamientos se determinó la concordancia entre las asociaciones encontradas y la semejanza que existe entre las asociaciones que componen la alianza a la que corresponden.

En este se representan los diferentes levantamientos (L#), así como la distancia del objetivo de la función, es decir la similitud o disimilitud entre estos asociados a la diferencia conjunta entre variables presentes representadas gráficamente.

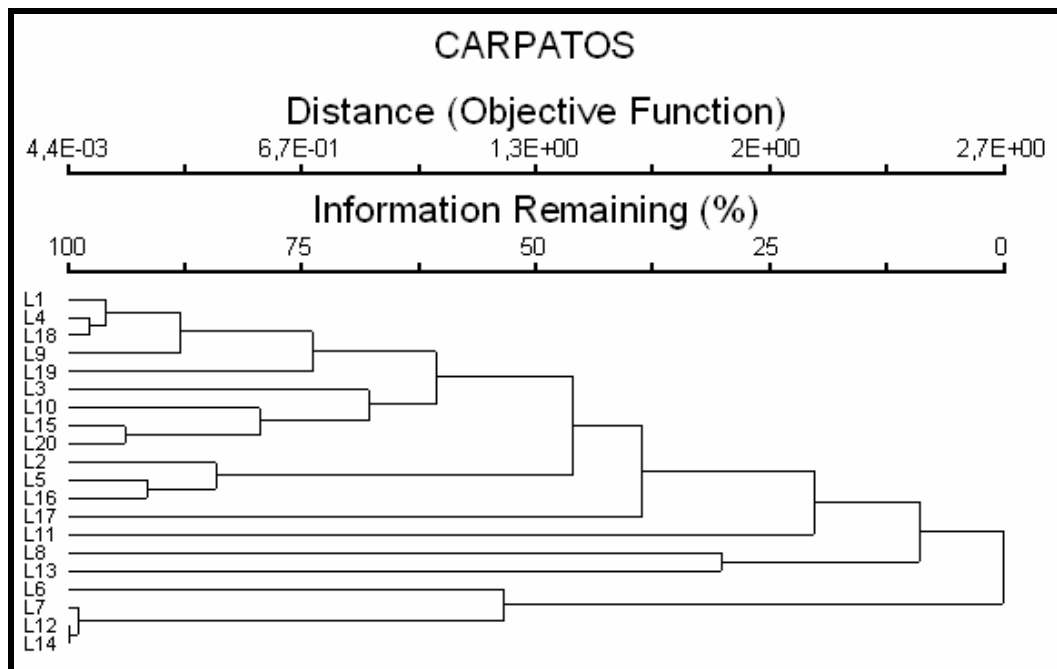


Figura 24. Dendrograma de análisis de levantamientos.



6.1.4 Ordenación de Variables

6.1.4.1 Análisis Multivariado

6.1.4.1.1 Análisis de Componentes Principales (PCA)

En este análisis se obtuvo, un número reducido de combinaciones lineales para las 19 variables en las que se presenta la variabilidad de los datos. De acuerdo con lo anterior, los primeros seis componentes explican el 77% de esta variabilidad.

Tabla 32. Valores propios (eigenvalues) de la matriz de correlación.
(Parámetros físicos y químicos del suelo asociados a la vegetación).

Análisis de Componentes Principales			
Número Componente	Valores propios Eigenvalue	% de Varianza	% Acumulado
1	4.09991	21.578	21.578
2	2.81055	14.792	36.370
3	2.46028	12.949	49.319
4	2.02382	10.652	59.971
5	1.958	10.305	70.276
6	1.34939	7.102	77.378
7	1.07396	5.652	83.030
8	0.813693	4.283	87.313
9	0.646722	3.404	90.717
10	0.484751	2.551	93.268
11	0.409328	2.154	95.422
12	0.339284	1.786	97.208
13	0.255253	1.343	98.551
14	0.175596	0.924	99.475
15	0.0570668	0.3	99.775
16	0.028248	0.149	99.924
17	0.0137304	0.072	99.996
18	0.00040577	0.002	100.000
19	1.8093E-05	0	100.000

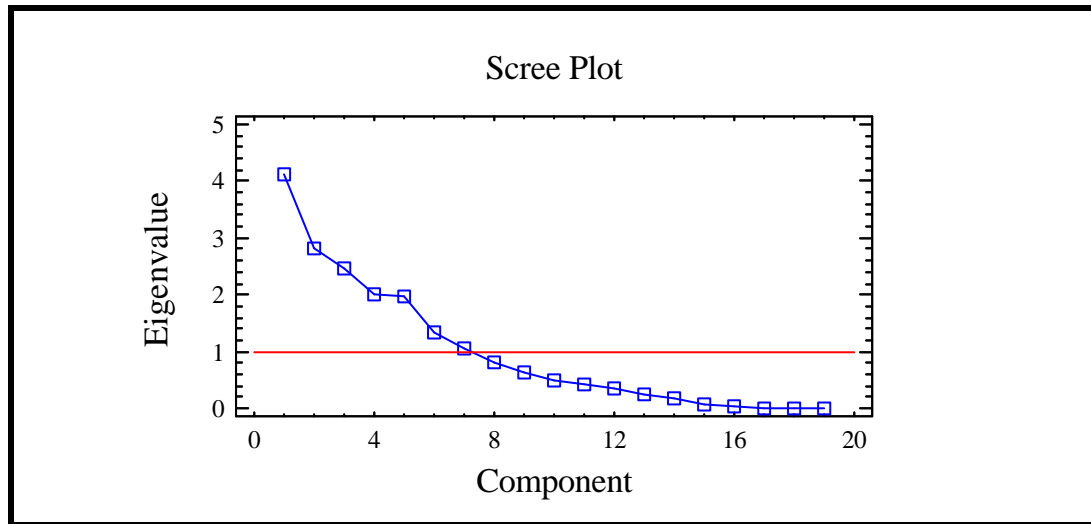


Figura 25. Scree Plot de la matriz de correlación.
(Parámetros físico y químicos del suelo asociados a la vegetación).

De este modo se analizó la gráfica detectada de Scatterplot del ordenamiento de los levantamientos de vegetación. Se comprobó así la anidación en clusters de las variables pertenecientes a las dos alianzas y las cuatro asociaciones así:

- Alianza Rubo floribundi - Pteridion aquilini L6, L7, L12, L8 L13 y L14
- Asociación Solano inopini - Chusquetum scandentis L8 y L13
- Asociación Rubo floribundi - Pteridion aquilini L6, L7, L12 y L14
- Alianza Miconio theaezantis - Myrcion coriaceae L5, L16 , L17, L4, L10, L15, L20, L2, L3 L1, L11, L9, L18 y L19
- Asociación Hedyosmo crenati - Myrsinetum coriaceae L5, L16 , L17, L4, L10, L15, L20, L2 y L3
- Asociación Weinmannio pinnatae - Miconietum theaezantis L1, L11, L9, L18 y L19



6.1.4.1.2 Análisis de los Factores

De acuerdo con el análisis realizado podemos observar en el factor uno una alta correlación entre la porosidad total y la materia orgánica, de igual forma, en el factor tres, dicha variable juega un papel importante en la alta correlación con la cantidad de limos presentes en el suelo.

Tabla 33. Valores propios (eigenvalues) de la matriz de correlación.
(Parámetros físicos y químicos del suelo asociados a la vegetación).

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6
m. s. n. m.	0,378213	-0,246289	-0,12937	0,559014	-0,0891398	-0,325428
Pend. %	0,320146	-0,470315	-0,573142	-0,132172	0,413476	0,108109
Ph	-0,501539	0,158634	0,124942	-0,201616	0,760363	-0,198552
M.O %	0,700746	-0,139178	-0,273732	-0,0208285	0,272084	-0,217415
Poros. Tot. %	0,766329	0,0860143	0,500784	-0,0130564	-0,0701301	0,0572663
Are	0,235068	-0,283051	0,0544049	0,720393	0,353993	0,275797
Arc	-0,490442	0,522142	-0,520838	-0,175924	-0,21195	0,0220995
Lim	0,455622	-0,115865	0,596417	-0,415247	-0,275745	-0,226073
P	-0,462469	-0,383824	-0,283704	0,0695184	-0,179197	-0,544
S	0,000994139	0,27428	0,443953	0,172572	0,105761	-0,583356
Sat Al	0,344825	0,505362	-0,111084	-0,389849	0,0594701	-0,275425
Ca	0,615843	0,132897	-0,430559	0,167498	-0,037017	-0,101275
Mg	0,435174	0,521737	-0,32738	0,102224	0,470113	-0,106102
K	0,0042853	0,666087	-0,177487	0,176199	0,15628	0,184892
Na	0,588789	0,346435	0,0151321	-0,471303	-0,0270446	0,344372
CIC	0,689271	0,0359097	-0,208291	0,241113	-0,564077	0,0237594
Cu	0,0303905	0,790576	0,00473856	0,384715	-0,125557	-0,229616
Mn	0,330437	-0,0562958	0,568312	0,0575154	0,485774	0,0123732
NO. SP.	0,433387	-0,386808	-0,403958	-0,492472	0,106906	-0,272648

En la figura 27, en la que se analizan los factores uno y dos, se aprecia de forma más clara la correlación entre variables como la pendiente y el número de especies, lo que es evidente en la Reserva Forestal Cárpatos, ya que la confluencia de dichas variables genera una condición favorable para el establecimiento de especies de seres medias y tardías.

De igual forma se encuentra una correlación entre el porcentaje de limos y la porosidad total y una correlación negativa entre la porosidad y el pH, el fósforo y el contenido de arcillas.

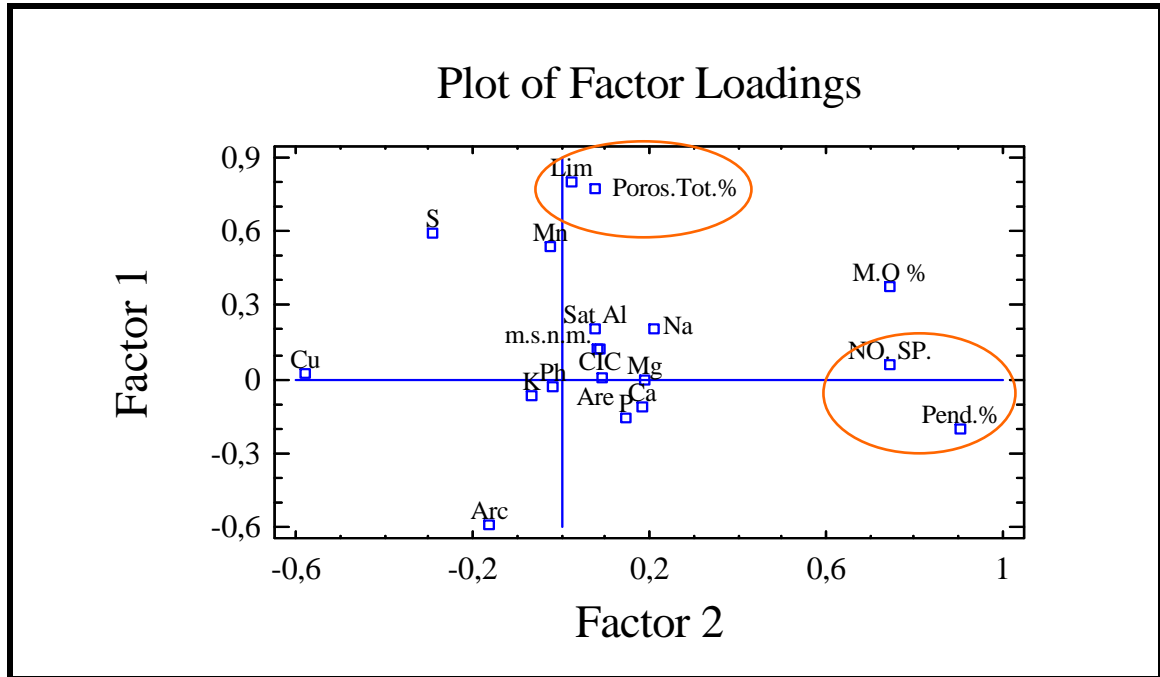


Figura 26. Correlación del análisis del factor principal; Factor 1 vs. Factor 2.
(Parámetros físico y químicos del suelo asociados a la vegetación).

6.1.5 Teorización Evolutiva

Esta se realizó mediante el análisis de las diferentes asociaciones comparándolas entre si de acuerdo a las condiciones propias de cada una de ellas y las ofrecidas por el bosque maduro.

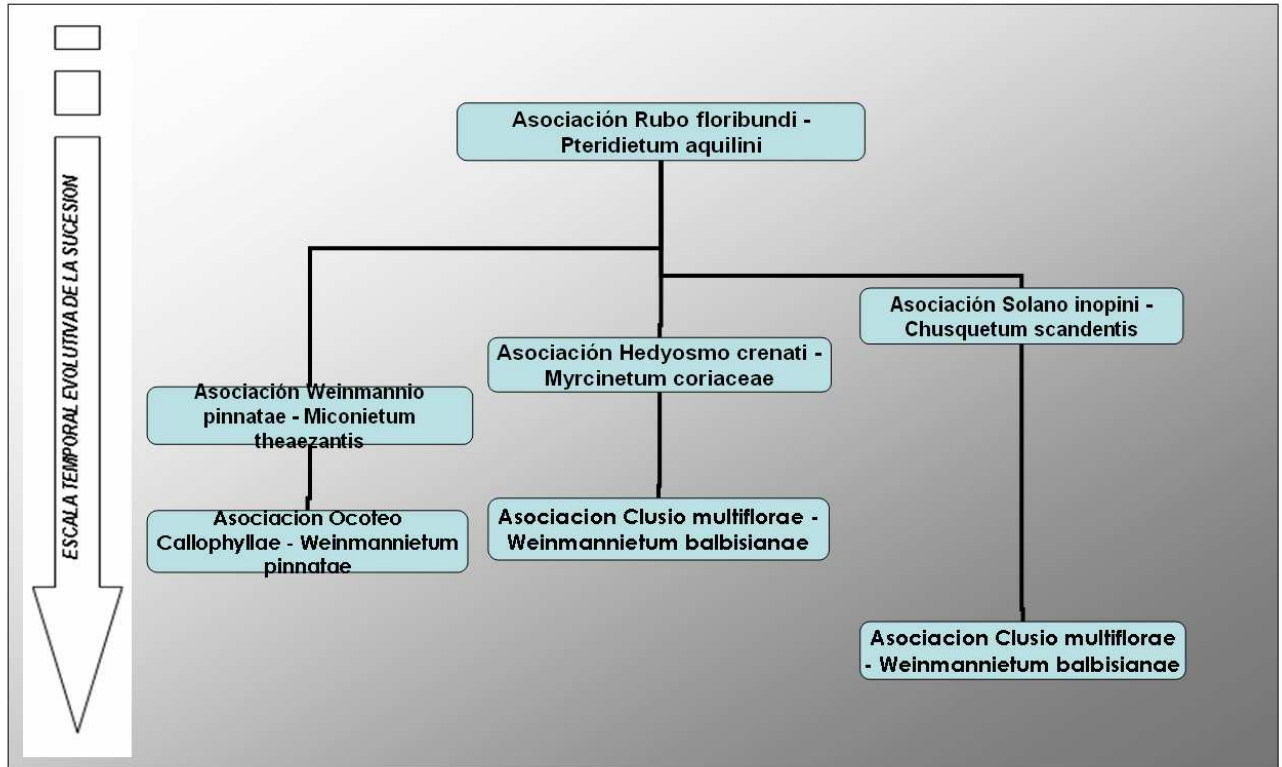


Figura 27. Teorización evolutiva en función del tiempo.



6.2 APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS

6.2.1 Aspectos Generales

6.2.1.1 Características Biofísicas

Tabla 34. Características biofísicas de las zonas seleccionadas.

Zonas	Distancia al bosque (mts)	Pendiente (%)
Zona 1	50 a 200	0 – 5
Zona 2	200 a 400	5 – 25
Zona 3	Más de 400	0 – 20

La primera zona de tratamientos se encuentra a una distancia promedio de 50 a 200 metros del bosque maduro con pendientes entre 0% – 5%. La segunda, de mediana distancia al bosque, se encuentra entre 200 y 400 metros, con pendientes que oscilan entre el 5% y el 25%. Las parcelas de lejanía del bosque se encuentran a más de 400 metros con pendientes desde 0% hasta del 20%.

Los suelos de forma generalizada presentan una textura franco Arenosa y carencia de elementos menores como el hierro. Taxonómicamente se denominan *Typic Humitropept* y *Typic Dystropept*, los que poseen una alta acidez y una porosidad total de 80% (ver anexo 10.4).

6.2.1.2 Reacciones Biofísicas

La aplicación de tratamientos no afectó de forma significativa las características biofísicas de las parcelas.

Los principales cambios se evidenciaron en textura (disminuyó de 40 a 17% luego de la aplicación del tratamiento de quema) y la disminución en la humedad relativa de 92% a 88% en promedio.



6.2.1.3 Logística de Aplicación

Las semillas recogidas de la capa superficial de materia orgánica del suelo que fue llevada a condiciones controladas de humedad y temperatura, presentaron una mortalidad del 100% en las dos repeticiones efectuadas.

6.2.1.4 Estado del Material Vegetal

El material vegetal estaba constituido principalmente por semillas de individuos de las familias Melastomataceae, Laurácea y Cloranthácea, las que se hicieron presentes en las asociaciones vistas en las seres tres y cuatro.

6.2.1.5 Capacidad de Recuperación

Las diferentes parcelas presentan una recuperación asociada a la aplicación de fuego, el que modificó algunas características microclimáticas localizadas y aumentó la disponibilidad de nutrientes del suelo.

6.2.2 Composición Florística

La composición florística de las seres iniciales estuvo determinada por especies como *Chusquea scandens*, *Holcus lanatus*, *Pteridium aquilinum* y *Pennisetum clandestinum*, en la alianza Rubo floribundi - Pteridion aquilini.

6.2.3 Análisis Estadístico de Reacción

Los resultados obtenidos a través de los tratamientos y bloques se tomaron como números enteros medios de propágulos en los diferentes tratamientos y sus respectivas repeticiones, sin obviar ninguna de ellas.



Tabla 35. Resultados (datos medios de repeticiones de número de propágulos)

Resultados (datos medios en repeticiones de número de propágulos)				
BLOQUE		TRATAMIENTOS		
		Tto1 "Testigo"	Tto2 "Quema"	Tto3 "Roza"
I	Zona 1	4	7	3
II	Zona 2	1	2	0
III	Zona 3	2	4	1
Media		2.33	4.33	1.33
Sumatoria		7	13	4
Cuadrado Tratamientos		49	169	16
Cuadrados		21	69	10
Factor de Corrección		19.05		
Suma Cuadrados Totales		72.57		
Suma Cuadrados Bloques		57.24		
Suma Cuadrados Entre Grupos		50.57		
Suma Cuadrados Dentro Grupos "Error - Residual"		180.38		
Grados de Libertad Bloques		2		
Grados de Libertad Tratamientos (Entre)		2		
Grados de Libertad Error (Dentro)		4		
Cuadrado Medio Tratamientos (Entre)		36.29		
Cuadrado Medio del Error (Dentro)		45.10		
Cuadrado Medio de Bloques		28.62		

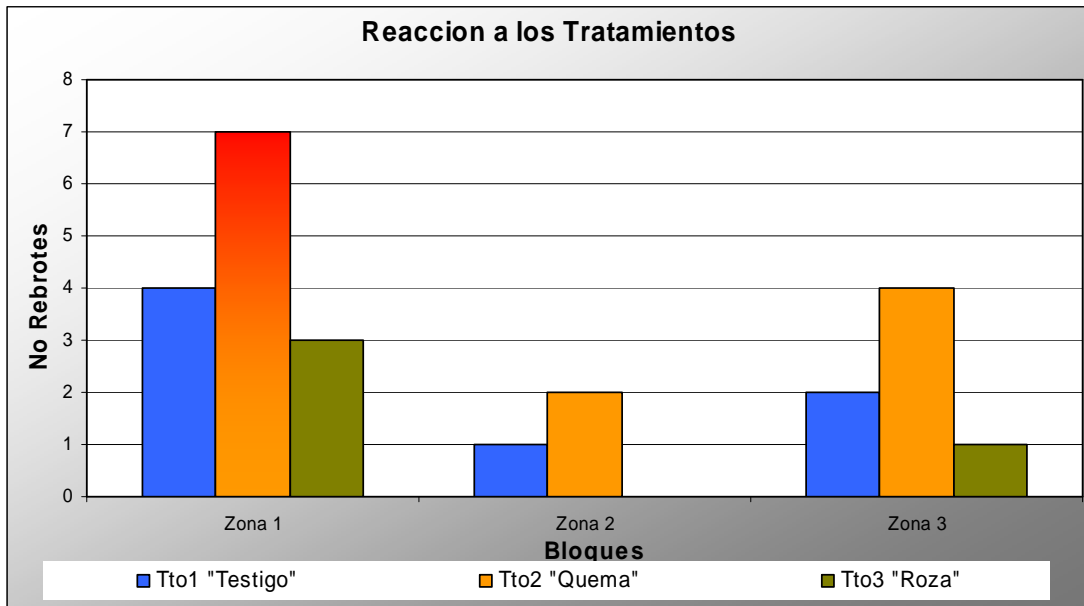


Figura 28. Reacción a los tratamientos.

Al diseño experimental de bloques al azar con un arreglo factorial del tipo 3^3 propuesto inicialmente, se le efectuó un arreglo en el cual se descartaron los tratamientos secundarios debido a su baja viabilidad. De esta manera se realizó el análisis de los tratamientos aplicados en los tres bloques al azar que contaron con siete repeticiones.

El estudio estadístico de los tratamientos fue realizado mediante el análisis de varianza de doble vía (ANAVA), para corroborar la significancia de los ensayos experimentales y las diferencias o similitudes de los mismos en los bloques.



Tabla 36. Análisis de varianza de doble vía.

TABLA - ANAVA					
Fuente	SC	gl	CM	RV	F (95%)
Entre	50.57142857	2	36.28571429	0.80464625	6.94
Dentro	180.3809524	4	45.0952381		
Bloques	57.23809524	2	28.61904762		

Donde SC es la suma de cuadrados, gl los grados de libertad, CM los cuadrados medios, RV la relación de varianzas, y F^2 el valor de distribución F para 95% de probabilidad.



7. ANALISIS RESULTADOS

7.1 MODELAMIENTO SUCESIONAL

7.1.1 Aspectos Generales

7.1.1.1 Ubicación de Parcelas

7.1.1.2 Características Biofísicas

Las características biofísicas de las parcelas obedecen a un comportamiento climático regional y localizado, determinando un microclima particular en las parcelas pertenecientes a cada sere.

7.1.1.3 Información General de Parcelas

7.1.1.4 Información Comparativa

El número de especies por unidad de área es similar al de otros estudios realizados en otras zonas, no obstante es notorio el cambio de la vegetación con la altitud, las condiciones ambientales y el grado de intervención antrópica; esto es apreciable en la tabla 13, en la cual se puede observar que la abundancia de especies en las diferentes etapas serales registradas en la Reserva Forestal Cárpatos se encuentra por debajo de la media de los demás estudios, debido a la alta intervención y a la acción de los limitantes y tensionantes presentes en la zona.



7.1.1.5 Análisis Faunístico

La fauna desempeña un papel importante en el proceso evolutivo de cualquier ecosistema y en el desarrollo del proceso sucesional que se gesta constantemente en la búsqueda de la estabilidad posterior a las perturbaciones. En este tipo de sistemas y especialmente en aquellos que han sido degradados como resultado del uso inadecuado del suelo, situación que se presenta en la Reserva Forestal Cárpatos, la fauna presente es sin duda uno de los componentes del ecosistema con mayor influencia en el comportamiento de modelo sucesional que se ha evaluado en el transcurso de la investigación. La fauna es una de las variables de mayor importancia en el desarrollo de sinergias ecológicas y relaciones causales. Por tal razón, el comportamiento que esta presenta a lo largo del gradiente sérico encontrado determina la dirección que tomará el ecosistema frente a la estabilidad de trayectoria (May; 1972 citado por Van Dobben, 1981).

El proceso de complejizar los diferentes paisajes ecológicos en estructura y funcionalidad depende del potencial biótico remanente. Para el área de estudio dicho potencial se encuentra representado en el bosque ubicado en las partes altas de las montañas, sitio desde el cual se inicia el proceso de dispersión de propágulos mediante diversas formas. Según lo afirmado por la UNESCO, la principal forma de dispersión de semillas en los bosques andinos es la ornitocoria, lo que se ratificó en el área de estudio ya que los principales gestores de la sucesión ecológica son las aves, seguidas de algunos roedores y mamíferos encontrados formando parte del ecosistema local, en contraste a lo que ocurre en los bosques de bajura en donde la dispersión de semillas se da principalmente por mamíferos y roedores entre otros animales (mastozoocoria).

Debido a las perturbaciones existentes, las especies presentes de aves y mamíferos se han adaptado a las nuevas características del medio pasando así de habitar un espacio de una alta complejidad y diverso en el interior del bosque preexistente a la



simplicidad de un modelo sucesional donde reinan grandes extensiones de gramíneas como *Pennisetum clandestinum*, *Olcus lanatus*, *Chusquea scandens* y otras especies como *Rubus floribundus* y *Pteridium aquilinum*.

El cambio en la estructura y funcionalidad del ecosistema ha causado en las especies de mamíferos allí localizadas una migración desde las áreas desprotegidas de pasturas hacia el bosque donde pueden encontrar una mayor diversidad de alimentos y protección contra sus depredadores, motivo por el cual su participación en el establecimiento de nuevos focos de sucesión es definitivamente inferior a la correspondencia que presentan las aves, siendo estas los principales agentes de dispersión de semillas viables.

Debido a lo anterior, es notorio un gradiente de poblaciones respecto a la presencia de especies de mamíferos y aves a lo largo del transecto que corresponde al espacio analizado ya que hacia las zonas más planas y libres de vegetación de porte arbóreo es más difícil encontrar animales que dispersen propágulos. La perturbación del ecosistema ha determinado la migración de ciertas especies desde áreas de la reserva que se hallan alejadas de los focos sucesionales determinados por las masas boscosas de las partes altas hacia áreas menos perturbadas y con ciclos de la materia mejor definidos y menos alterados, influyendo de esta forma en el establecimiento de sus poblaciones y la obtención de una dieta más adecuada.

La complejidad del ecosistema denota entonces un gradiente. Las especies faunísticas asociadas a la restauración del ecosistema se han movilizadas hacia áreas con mejores características bióticas para posteriormente iniciar la recolonización de zonas abandonadas. Esto sucede de forma paulatina e irradiándose desde zonas boscosas con alta diversidad biológica y alto potencial de reproducción.

El proceso de establecimiento de las comunidades animales puede definirse de la siguiente forma:



1. Perturbación inicial del ecosistema causada por intervención antrópica.
2. Disminución de las poblaciones animales y vegetales en las áreas degradadas (pérdida de la diversidad *in situ*).
3. Adaptación de las poblaciones remanentes a las nuevas condiciones del sitio.
4. Migración de las poblaciones animales hacia zonas del interior del bosque.
5. Establecimiento de especies animales con comportamientos y mecánicas poblacionales intermedias debido a su adaptación a su nuevo entorno.
6. Establecimiento de un nuevo ciclo productivo dentro del bosque en el que se causa una nueva perturbación disminuyendo así la estabilidad pero aumentando la diversidad interna.
7. Creación de nuevas interacciones y relaciones ecológicas dentro del ecosistema.
8. Estabilización de las poblaciones y regulación de ciertos ciclos internos.
9. Recolonización de áreas abandonadas. Esta etapa se da de forma paulatina tomando como base el material genético procedente del bosque. El bosque se convierte en el principal gestor de la restauración utilizando para ello a la fauna que allí se encuentra.
10. Creación de forma natural de nuevos focos de sucesión. Dichos focos de sucesión se crean a partir de especies animales que salen del bosque y propagan cerca del mismo las semillas de especies semiheliófitas.



11. A medida que las especies arbóreas van colonizando áreas degradadas cercanas a la matriz boscosa, las especies de aves inician a su vez también el proceso de propagación de material genético con mayor rapidez y eficiencia, alcanzando a llegar a zonas más alejadas del bosque. Aunque en dichas zonas las características biofísicas no son las mejores para la germinación y establecimiento de las semillas, se encuentran algunas zonas de moderada pendiente que ofrecen ciertas características necesarias para que algunas semillas lleguen a establecerse.

12. Inicio de regeneración de especies del bosque en zonas de mediana lejanía en las que se pueden encontrar algunas especies de mamíferos que han propagado algunas otras especies vegetales que van aportando materia orgánica y van mejorando las condiciones del medio para el establecimiento de otras especies más exigentes.

Aun cuando la sucesión se da de forma regulada en el ecosistema habiendo retirado los tensionantes y disminuyendo los limitantes, su proceso se hace demasiado lento debido a que las condiciones del medio son drásticas y se mantienen a lo largo de todo el año. Teniendo en cuenta lo anterior, la posibilidad de que una semilla depositada en suelo fértil quede latente debido a las condiciones del medio puede ser alta.

El clima juega un papel determinante en el desarrollo del proceso sucesional ya que de este depende la velocidad con que se efectúan los procesos necesarios para lograr establecer las condiciones necesarias para que el bosque recupere su presencia en las áreas donde se encuentran dominando especies invasoras. Las bajas temperaturas predominantes tanto en la época húmeda a lo largo del día y en la temporada seca en las noches son las que determinan la baja tasa de ciclaje de los nutrientes y su baja disponibilidad, en tanto los metabolismos son ralentizados y los procesos vitales se efectúan a una menor velocidad por lo que el crecimiento es lento aun en zonas con buenas condiciones edáficas.



Todas estas variables ligadas al ajuste evolutivo propio de las especies determinarán pautas de asociación muy distintas a las que se encontraban inicialmente en el ecosistema antes de ser degradado por lo que las estabildades finales pueden ser muy distintas a las iniciales o a las que presenta el remanente del cual parte el proceso de sucesión natural. Esto infiere cambios fisiológicos y de comportamiento en la fauna en respuesta a los efectos directos e indirectos de las perturbaciones producto del constante cambio en las variables del sistema.

7.1.1.6 Factor Socio Cultural

Sin duda el factor sociocultural representa una de las variables que más afectan el comportamiento del ecosistema desde su entorno. Puede ayudar a dirigirlo a etapas más avanzadas de la sucesión o afectarlo también de forma negativa por cuanto el uso inadecuado del suelo, que es una actividad cultural generalizada en las zonas de montaña, es una de las actividades que más influye en la degradación del mismo.

La dinámica del ecosistema se ha visto alterada por la intervención humana esporádica causada por varios tipos de perturbación. La extracción de madera por parte de personas residentes en zonas vecinas a la reserva genera diversos estados de alteración dentro del ecosistema por cuanto el impacto asociado causa en el suelo un deterioro considerable.

De igual forma el ruido causado por el uso de equipos y herramientas disminuye la posibilidad de hallar especies de aves y otros mamíferos que frente a la perturbación se desplazan a otras áreas de la reserva disminuyendo el potencial biótico de las zonas intervenidas. Incurrir en este tipo de prácticas en un sistema que aun no ha logrado establecer una dinámica general definida, sin duda es uno de los principales problemas asociados con su conservación.



Gran parte de la madera extraída del bosque suele ser utilizada como leña para satisfacer ciertas necesidades humanas. Esta actividad afecta de forma notoria el desarrollo del bosque ya que se disminuyen las poblaciones de ciertas especies de interés por su capacidad combustiva. De otro lado, son los individuos arbóreos jóvenes y en edades intermedias los que se ven afectados por las cortas selectivas para la obtención de leña, ya que las piezas obtenidas de estos son más fáciles de transportar y secar.

La caza es uno de los problemas que de forma reiterada ha venido provocando una disminución considerable de las poblaciones de ciertas especies animales que han sido incluidas en la dieta alimenticia humana. Las especies más afectadas por dicha práctica son las siguientes entre otras:

Tapirus pinchaque (Danta)

Didelphis sp. (Chucha)

Dasyus novemcinctus (Armadillo)

Mazama sp. (Soche)

La falta de delimitación y establecimiento de una zona de amortiguación en las áreas circundantes a la reserva es uno de los condicionantes de la sucesión ya que se promueve la intervención antrópica y el incremento de la frecuencia de las perturbaciones, generando nuevas alteraciones en los procesos.

Sin embargo, franjas de la comunidad presentan conductas menos agresivas respecto al uso y conservación del bosque. Sus prácticas productivas y de auto-sostenimiento han cambiado de enfoque realizando actividades de menor impacto como la producción de pasturas de levante para la obtención de leche mediante la rotación de potreros, que aunque generan un tensionante en las zonas en las que se desarrolla dicha actividad productiva, disminuye la presión sobre las áreas protegidas de la reserva.



La actividad principal de las comunidades campesinas radicadas en las zonas aledañas es la producción de leche y la venta al por menor y en algunos casos a empresas más tecnificadas mediante la implementación de tanques de refrigeración. Es amplia la distribución de las pasturas en las zonas aledañas a la Reserva Forestal Cárpatos, teniendo como uso principal del suelo la producción de pasto para la alimentación de ganado vacuno para la obtención de leche.

La falta de opciones de trabajo remunerado en las zonas cercanas a la reserva es una de las causales determinantes en el establecimiento de nuevas zonas de cultivo de pastos no siendo significativo el uso del suelo para otro tipo de cultivos.

Las complejas interrelaciones presentes entre el ecosistema y las comunidades son sumamente complejas y su extensión va más allá del simple uso de los recursos de forma inadecuada. Por un lado, las poblaciones humanas tienen ciertas necesidades biológicas que deben ser satisfechas demandando entonces, en función del tamaño de su población, ciertas cantidades de alimentos y materiales para producir y lograr la subsistencia.

7.1.2 Estructura Sucesional

7.1.2.1 Caracterización Estructural

7.1.2.1.1 Abundancia

El análisis de la abundancia demuestra la variación del número de especies e individuos por especies presentes en cada una de las etapas serales identificadas. De esta forma se identificó el comportamiento de algunas de las más importantes especies en el desarrollo del proceso sucesional.

El número de individuos por cada especie depende en gran medida de su gremio ecológico y de la etapa seral en la que se ubique. Es evidente que el número de especies y el número de individuos de las especies pioneras va decreciendo en



relación con el avance del estado sucesional lo que se refleja de igual manera en la disminución de su biomasa superficial.

Las poblaciones de especies de estados sucesionales más avanzados se va incrementando a medida que transcurre la sucesión, partiendo de muy bajas abundancias para posteriormente crecer en número y llegar a desplazar a otras especies de etapas serales iniciales. La complejidad que alcanzan los diferentes estados sucesionales en relación con el tiempo de desarrollo de cada etapa es claramente definible si se analiza de forma detallada la abundancia.

De acuerdo con lo anterior, las etapas iniciales del proceso sucesional se encuentran dominadas por especies pioneras de rápido crecimiento y alto potencial biótico como *Rubus floribundum*, *Pennisetum clandestinum* y *Pteridium aquilinum*. El comportamiento inicial de dichas especies en las etapas primarias de la sucesión demuestra una alta abundancia visible en su biomasa aérea y subterránea.

Otras especies mantienen una abundancia intermedia en las diferentes seres lo que puede categorizarlas como especies de alta resiliencia y con alto potencial de adaptación. Esta característica puede significar el aseguramiento de la permanencia de dichas especies en el desarrollo de la sucesión hacia estados más avanzados.

El análisis de la abundancia para las diferentes parcelas demostró el amplio predominio que posee la especie *Rubus floribundum* seguida por la especie *Pteridium aquilinum* en las praderas en tanto en las mesoseres se encuentran posicionadas sinecológicamente especies de gremios más exigentes en características biofísicas como las especies del género *Miconia*.

7.1.2.1.2 Frecuencia

La frecuencia de las especies encontradas en los diferentes seres demuestra que las mismas tienen un comportamiento muy ligado a la abundancia y la presencia.



El patrón espacial obtenido mediante la frecuencia tipifica las formas de agremiación de las especies y determina el comportamiento inicial y autoecológico de las mismas en las priseres; no igual en mesoseres y tardiseres, la frecuencia varía en gran proporción debido a que las especies adquieren un comportamiento social teniendo en cuenta la interrelación de factores biofísicos que determinan la intensidad de las relaciones sinecológicas.

La agremiación de individuos de una o más especies en una zona determinada y con características estables puede dar a la sucesión patrones de evolución sumamente amplios debido a que la dinámica del mosaico obtenido genera nuevas condiciones microclimáticas y edáficas (disponibilidad de nutrientes), cambiando así el metabolismo general del microecosistema que se crea en cada uno de los focos sucesionales analizados. Los tensionantes y limitantes han sido reducidos en su mayoría otorgando al ecosistema una amplia posibilidad de autoregenerar todos sus ciclos.

Las especies *Pteridium aquilinum* y *Rubus floribundum*, las más frecuentes de las especies en las etapas priserales poseen un comportamiento particular ya que aparecen definidas claramente como población distribuida de forma gregaria debido al mecanismo de distribución de sus propágulos. Ambas especies dominan las seres menos evolucionadas pero de igual forma se hacen presentes en la mesosere tres, dominada por las especies *Miconia sp.*, haciéndose presente en cuatro parcelas, seguida de *Myrsine coriacea*, *Solanum inopinum* y *Hedyosmun crenatum*, las que comparten el mismo porcentaje de frecuencia entre ellas, encontrándose en tres parcelas de las cinco pertenecientes a dicha sere.

Miconia sp., *Miconia Theaezans* y *Hedyosmun crenatum* son especies características de estados intermedios de regeneración ya que se encuentran tanto en las etapas intermedias de la sucesión como en algunas parcelas de las seres iniciales y finales en las que no revisten valores altos de abundancia y frecuencia.



Los valores de frecuencia y abundancia de dichas especies son altos entre las parcelas correspondientes a la sere tres en la que son altamente significativas como especies precursoras de procesos más complejos.

Al igual que la abundancia, la frecuencia ha demostrado tener un gradiente seral. El comportamiento de esta variable da indicios sobre la forma de distribución de las especies y ayuda a determinar cuales de ellas son las más importantes en cada una de las diferentes etapas serales por lo que cada sere puede ser caracterizada por la presencia de una o dos especies de alta importancia ecológica.

A través del proceso sucesional pueden encontrarse especies distribuidas de forma homogénea en algunas etapas. Especies como *Rubus floribundum* y *Pteridium aquilinum* han demostrado ser bastante frecuentes en etapas serales iniciales perdiendo significancia en etapas más evolucionadas en las que la complejidad y la estabilidad son mayores, teniendo en cuenta la aparición de otras especies que de forma comparativa poseen un comportamiento menos asociativo intraespecífico y más comunitario e interespecífico.

La frecuencia determina el grado de agregación de las especies, ligado a ello, las posibilidades de propagación dependiendo de las condiciones del medio, hacen que unas especies tengan mayor posibilidad de propagarse o que de igual forma sean menos propensas a distribuirse y ser competitivas frente a otras con condiciones fenológicas y sinérgicas más persistentes.

Especies como *Myrsine coriacea*, *Miconia theaezans*, *Hedyosmun crenatum* y *Miconia sp.*, abren un espectro de posibilidades para la adecuación de las condiciones microclimáticas para nuevas especies por cuanto son muy frecuentes en las distintas fases de la sucesión.



7.1.2.1.3 Dominancia

Como resultado inicial puede determinarse la dominancia de *Pteridium aquilinum* en asociación con *Pennisetum clandestinum* en las etapas serales menos evolucionadas y más determinadas por factores ambientales drásticos. La dominancia de estas especies en amplias zonas de la reserva hace muy difícil la incursión de otras especies que logran incorporarse a esta fuerte sinergia mediante la propagación de su banco de semillas, siendo este el caso de *Rubus floribundum*, la que aun sin ser una precursora fuerte de la sucesión compite con las otras especies desplazándolas en algunas zonas de extensión importante.

A medida que evoluciona la sucesión, el escenario en el que se desarrolla va presentando cambios paulatinos en composición, estructura y funcionalidad, ya que especies como *Myrsine coriacea* y *Miconia theaezans* brindan espacios importantes donde se pueden asentar otras como *Hedyosmun crenatum*, alcanzando valores importantes de dominancia, los que se verán reflejados en la presencia de estas especies dentro del bosque maduro.

7.1.2.1.4 Índice de Valor de Importancia

Con el análisis de las variables estructurales explicadas se pudo definir la importancia que reviste cada especie para cada una de las seres definidas. Mediante dicho análisis se pudo determinar el comportamiento ecológico de las especies encontradas y la influencia de las relaciones que se presentan entre las mismas como respuesta a la afectación causada por la perturbación y el cambio del entorno, determinantes básicas de la forma de evolución de la sucesión.

El predominio ecológico de biotipos menos específicos y más adaptables en etapas iniciales del proceso sucesional se da debido a su amplia capacidad de adaptación a las perturbaciones y la gran capacidad de incrementar su biomasa superficial y subterránea en periodos cortos de tiempo y en amplios espacios. Este patrón demuestra la tendencia de esta parte del sistema hacia la heterogeneidad y el caos.



Por tal razón, las especies que revistieron la mayor importancia en las seres iniciales fueron aquellas con amplia posibilidad de propagación como *Pteridium aquilinum* y *Rubus floribundum*, las que disminuyeron su presencia en seres más avanzadas.

En las mesoseres, caracterizadas por poseer especies leñosas y de porte arbustivo y arbóreo se encontraron diversas especies que interactuaban de forma más simétrica y organizada, promoviendo así el establecimiento de especies con mayores necesidades ambientales y con menor capacidad adaptativa por estar más cercanas a las seres en las que la composición se acerca a la obtención de estructuras tan complejas como las que posee el bosque, el que presenta una alta diversidad, ciclos son más rígidos y que como todo sistema estable es más sensible a las perturbaciones por cuanto es más especializado.

Índice de Valor de Importancia demuestra el reemplazamiento de unas especies por otras en el tiempo, lo que se observa claramente en el comportamiento ecológico de las especies *Miconia sp.* y *Myrsine coriacea* ya que la primera posee valores mayores en la sere dos en tanto en la sere tres la que presenta mayor valor de importancia es *Myrsine coriacea*.

Las especies más selectivas y con menor potencial competitivo que predominan en las etapas más avanzadas de la sucesión basan su importancia en el establecimiento en las mismas seres de relaciones sinecológicas de una alta estabilidad debido a los cambios que esto supone en el comportamiento del microclima y de las condiciones edáficas zonales que facilitan el establecimiento de individuos de especies de mayor valor sucesional.

En dichas etapas se encontraron establecidas especies como *Myrsine coriacea*, *Miconia theaezans*, *Miconia sp.* y *Hedyosmun crenatum*, las que finalmente presentaron los más altos índices de valor de importancia, determinado por las variables que representan la forma de interrelacionarse los individuos de diferentes



especies en un determinado espacio con el fin de generar un medio más propicio para que individuos de otras especies más sensibles y que se encuentran en el bosque, puedan recolonizar dichas zonas.

Es importante resaltar la importancia que poseen algunas especies en determinadas seras. *Munozia sp.*, por ejemplo, especie muy significativa en la sere dos no reviste valores muy significativos de importancia. Sin embargo, por poseer características que la hacen sobresalir como su alta abundancia, la que le supone una alta adaptabilidad, la convierten en un objeto muy interesante de implementación en tratamientos de restauración en esta etapa de la sucesión.

Al igual que *Munozia sp.*, *Hedyosmun crenatum*, posee un alto valor de importancia y presenta ciertas deficiencias adaptativas al ambiente físico cambiante de la sucesión. Esto se hace evidente en la alta mortalidad que presentan sus propágulos y plántulas, las que en la mesosere dos son abundantes, frecuentes y dominantes, en tanto son frecuentes pero no abundantes en la sere tres.

Lo más interesante del índice de valor de importancia, es que al consolidar la abundancia, la frecuencia y la dominancia, se pueden determinar preceptos importantes en la escogencia de especies que pueden servir para establecer plantaciones directas en las zonas degradadas. Este análisis determina entonces la importancia de especies como *Myrsine coriacea* y *Miconia sp.* en procesos de restauración ecológica.

7.1.2.1.5 Diversidad y Riqueza

La diversidad y la riqueza de las diferentes etapas serales, presentan comportamientos muy diferenciados en cada una de las seras. El proceso de sucesión hace que se observen estados intermedios de desarrollo de la vegetación en donde pueden convergir varios biotipos, etapas en las que se pueden encontrar plantas de porte herbáceo en parcelas de seras iniciales y avanzadas al igual que



otras especies de porte arbóreo que pueden ser encontradas en etapas menos desarrolladas. Por tal razón, los valores más altos de cociente de mezcla de especies se encuentran en la serie tres, la cual está en el medio de la escala espacial y temporal en la que se desarrolla el proceso de restauración de la Reserva Forestal Cárpatos.

Al avanzar el proceso sucesional hacia un mosaico vegetacional, podemos encontrar mayores valores de diversidad a medida que se desarrolla la sucesión, lo importante es poder analizar la divergencia del sistema, las variaciones presentes en etapas tardías y las diversas formas de evolución del mismo. De esta manera se pueden encontrar valores diferentes en una misma etapa sucesional en la que la dependencia de la evolución puede generar un mayor número de especies en una misma unidad de área, lo que será apreciable en el análisis de las asociaciones presentes en la evolución sucesional.

Luego de ser convertida en reserva forestal, la zona de influencia de la investigación ha sufrido toda una serie de cambios en el uso del suelo. Las coberturas han ido siendo reemplazadas unas por otras y en algunos casos se pueden ya visualizar cambios notorios en la composición de ciertos parches de vegetación que demuestran que el proceso ha sufrido cambios y que en la actualidad se encuentra activo, con tasas muy bajas de cambio pero con la determinación de lograr su autoregeneración. En gran parte de su extensión se activó el proceso sucesional con todos los cambios ecosistémicos que ello conlleva.

7.1.2.1.6 Otros Aspectos

7.1.2.1.6.1 Índice de Pielou

Este índice presenta una clara disminución entre las series dos y tres debido a que en estas la diversidad que se alcanza supone la tendencia a la heterogeneidad que representa el bosque maduro. La distribución casi equifrecuente de las especies que



se encuentran en las seres uno y dos, se halla íntimamente relacionada con los altos valores de dicho índice. Debido a que el patrón que rige al bosque es menor a uno, este presenta un patrón irregular, el que determina el cambio en la distribución de los individuos. La razón del cambio, obedece principalmente a la eficiencia en las estrategias de dispersión de semillas y a las características morfológicas de las mismas, teniendo una mayor posibilidad de dispersión las semillas de especies pioneras características de seres primarias. El valor más elevado de este índice, presente en las seres iniciales, demuestra la relativa estabilidad ambiental presente en estas seres debido a la superposición de nichos (Hutchinson; 1961, citado por Van Dobben y Lowe, 1980).

No obstante, el establecimiento de especies de seres iniciales en seres más evolucionadas se ve determinado por la competencia interespecífica que generan las especies de porte arbóreo que aparecen en las seres dos y tres.

7.1.2.1.6.1 Histogramas de Abundancia de Braun Blanquet

El histograma de abundancia demuestra que los individuos poseen una distribución muy amplia en la mayoría de las seres por cuanto se encuentran muy espaciados entre sí. Esta distribución da una clara idea sobre la abundancia de las diferentes especies ya que aunque son relativamente abundantes, no tienen la suficiente significancia porcentual para llegar a determinar un patrón de agregación. Las especies demostraron ser generalistas aunque responden a ciertos patrones biofísicos más acentuados como las condiciones microclimáticas y edáficas, lo que se hizo muy evidente en las seres dos y tres, ya que geográficamente se localizaban generalmente en zonas de mediana pendiente donde se encuentran los suelos bien drenados.

De igual forma, en las praderas predominaban también características edáficas y microclimáticas particulares; en las zonas donde se localizaron dichas seres se encontraban suelos encharcados y con condiciones de humedad y temperatura mucho más variables que las presentes en seres intermedias y tardías.



7.1.2.1.6.1 Histogramas de Frecuencia

En concordancia con el histograma de abundancia, el histograma de frecuencia muestra un patrón de agregación muy particular. Las especies son poco frecuentes además de poco abundantes y las especies dominantes de las etapas serales iniciales son las únicas que demuestran tener una distribución más o menos constante a lo largo de todo el mosaico sucesional. No obstante, las demás especies también demuestran una presencia importante en cada una de las seres aunque de forma específica. Por tal razón, aunque han seguido un patrón de distribución generalizado, no han tenido la suficiente persistencia (Margalef; 1974, citado por Van Dobben y Lowe, 1980) para generar cambios importantes en espacios colonizados por las especies invasoras. Dicha situación es el resultado de la perturbación causada en la fauna y la microbiota, puesto que son estos los que asumen la responsabilidad de distribuir el banco de semillas y propiciar las condiciones para que el mismo se desarrolle respectivamente.

Sin embargo cabe resaltar que estos gráficos no pueden utilizarse para indicar el grado de madurez de una comunidad (Braun Blanquet, 1979).

7.1.3 Caracterización Florística y Análisis Fitosociológico

7.1.3.1 Alianza Rubo floribundi - Pteridion aquilini

Esta alianza está constituida por los levantamientos L6, L7, L12, L13 y L14, los cuales pertenecen principalmente a la seré uno, y el levantamiento L8 que pertenecen a la sere tres.

Se caracteriza por estar presente en zonas altamente degradadas y colonizadas por especies de carácter invasivo. Se establece sobre suelos de carácter sumamente ácido por cuanto las especies que se presentan en dichas alianzas son las más



adaptadas a las condiciones del medio ya que han evolucionado hasta lograr adaptarse de forma rápida y eficiente, siendo actualmente las más fuertes limitantes del avance del proceso sucesional.

Las especies que se ubican en esta alianza tienen como características principales altos índices de colonización y tasas de producción de biomasa aérea e hipógea elevadas, reproducción vegetativa y alto potencial reproducido ligado a altas tasas de regeneración natural y crecimiento de hasta 1.5 cm/día en *Chusquea scandens* (presente estudio).

La adaptabilidad de estas especies les otorga una alta competitividad por espacio, nutrientes y luz. Suelen asumir comportamientos altamente alelopáticos por cuanto sus raíces no permiten el enraizamiento de semillas de otras especies y su cobertura imposibilita el establecimiento de plántulas que lleguen a desarrollarse debido a que generalmente el crecimiento de estas es inferior al que presentan especies como *Pteridium aquilinum*, *Rubus floribundum* y *Penisetum clandestinum*, por lo que terminan cubriéndolas causándoles muerte o latencia pronunciada por insuficiencia de nutrientes y luz.

La duración de la transición entre el estado sucesional que dominan estas especies y uno más complejo es sumamente lento puesto que estas no son generadoras de cambios en la dinámica priseral del sistema. La dinamogeneticidad de estas especies se pone en duda en este tipo de ecosistemas debido a que las condiciones del medio son sumamente propicias para que su ciclo vital sea prolongado y sean ellas las que se mantengan en el tiempo. El desarrollo e incremento de relaciones homeostáticas se ve condicionado por la ralentización de los procesos que como el ciclaje de nutrientes y la descomposición de la materia orgánica, allí se llevan a cabo.



Dentro de la alianza *Rubus floribundi* - *Pteridion aquilini* se encontraron la asociaciones *Rubus floribundi* - *Pteridietum aquilini* y *Solano inopini* - *Chusquetum scandentis*.

Dichas asociaciones se ubican de acuerdo a características propias del medio a las que responden dependiendo de su forma de agrupación fitosociológica. Dichas características generan una división en los lineamientos sucesionales en cuanto a la selección natural de especies.

Sin duda, la suma de las partes de todo el ecosistema es mayor que el ecosistema mismo hablando en términos de regeneración y reemplazamiento de unas especies por otras en el tiempo. Por tal motivo el ecosistema evolucionará hacia un estado de mayor riqueza y complejidad aunque el mismo tenga ciertas determinaciones ecológicas temporales. La complejidad de las relaciones sin ecológicas harán que en el futuro las especies que en la actualidad son dominantes sean reemplazadas aun sin haber mejorado de forma notable las condiciones de su entorno. *Rubus floribundum* y *Pteridium aquilinum* ejemplifican esta situación ya que resultan ser altamente dominantes en seres iniciales utilizando como mecanismo de establecimiento la generación de coberturas muy densas y alelopatías.

7.1.3.2 Asociación *Rubus floribundi* - *Pteridietum aquilini*

Esta asociación se caracteriza por la excesiva uniformidad en cuanto al número de especies presentes en su interior y por la conformación estructural de los individuos presentes en ella. Esta dominada por especies de alta adaptabilidad y gran distribución local, lo que determina aun más su participación en el proceso evolutivo del sistema.

Dentro de dicha asociación las relaciones fitosociológicas que se gestan son sencillas pero revisten de gran complejidad en el tiempo. Las especies presentes en ella son sumamente competitivas y adaptadas a su entorno. Presentan sinergias muy particulares por cuanto crecen de forma agresiva en sus etapas iniciales



dependiendo el establecimiento final de la capacidad de ambas para competir mediante la reproducción de su material vegetativo.

Ambas especies suelen compartir espacios amplios de la reserva, *Rubus floribundum* por su parte es una especie poco selectiva en cuanto a tipo de suelo, pendiente o microclima, aunque no se desarrolla muy bien sobre suelos encharcados o muy húmedos. Esto le confiere una alta capacidad adaptativa a la diversidad de condiciones microzonales existentes. Su forma de desarrollo fisiológico es poco organizada y la dispersión de sus semillas es garantizada mediante la producción de frutos de color vistoso y sabor dulce que atraen a sus consumidores entre los que se encuentran las aves y otros animales indistintamente, lo que hace que su dispersión sea amplia y variada.

Como especie colonizadora es altamente resistente a las condiciones tan drásticas que suelen presentarse en la zona de estudio. Su biomasa aérea es caracterizada por poseer una cubierta muy densa de tallos y hojas entrelazados que impiden el ingreso de otras especies a las áreas que son dominadas por ella. De igual forma, también dificulta las labores culturales de limpia manual debido a que sus tallos y hojas poseen adaptaciones de la epidermis en forma de espinas que entrelazan fuertemente una planta con otra.

La capacidad de dicha especie para cubrir el área de suelo donde se radica es una de las mayores fortalezas que posee para establecerse y no ser desplazada ya que el porcentaje de luz que llega al suelo después de atravesar su cubierta es sumamente bajo por lo que las plántulas que llegasen a surgir dentro de dicha capa vegetal no tienen posibilidad de establecerse.

Por su parte *Pteridium aquilinum* es una especie tan competitiva y adaptable como *Rubus floribundum*. Se presenta en amplias zonas de la reserva debido a que ha colonizado de forma paulatina los espacios que ocupaban otras especies de porte herbáceo. Se le puede encontrar tanto en las zonas desprovistas de vegetación



arbórea como en las zonas que limitan con el bosque. Su forma de reproducción (esporas y vegetativa) la hace altamente adaptable y competitiva, desarrollando relaciones sinecológicas muy drásticas.

Desarrolla tallos gruesos y hojas anchas a una altura considerable, llegando incluso a tener coberturas que sobrepasan los 1.7 metros de altura. Su cubierta es densa y espesa confiriéndole gran capacidad de establecimiento y disminuyen el porcentaje de luz que llega al suelo haciendo una cubierta más densa que la que presenta *Rubus floribundum*.

Esta asociación se caracteriza por la dominancia de estas especies en amplias zonas de la reserva. Crecen juntas y en ocasiones entremezcladas compartiendo entornos similares.

Generalmente crecen sobre suelos ácidos moderadamente drenados aunque *Pteridium aquilinum* se adapta con facilidad a suelos encharcados y pobres en drenaje. Ambas especies se caracterizan por ser muy abundantes y frecuentes en las serres iniciales debido a que sus estrategias de establecimiento las convierte en fuertes colonizadoras de suelos disponibles tal como se pudo observar en las zonas donde se observaron establecidas y por tanto dominantes. Se vió ligada a la especie *Pteridium aquilinum* en uno de los levantamientos la especie *Calamagrostis sp.* la que demostró alta capacidad de crecimiento en zonas de pobre drenaje. Dichas especies no presentaban ningún patrón de mezcla ya que en una zona se encontraba altamente dominante la especie *Calamagrostis sp.* diferenciando su espacio y marcando un estado intermedio de evolución seral. De esta relación social entre ambas especies se puede inferir que la especie *Calamagrostis sp.* es una especie que puede competir con *Pteridium aquilinum* de forma eficiente otorgando al medio mejores condiciones para el establecimiento de otras ya que no posee una distribución tan agresiva y su cubierta no suele ser tan densa.



Esta asociación se caracteriza por la gran acumulación de biomasa aérea y necromasa que conforman una densa capa de materia orgánica de lenta descomposición que ayuda a mantener las condiciones del sitio muy estables, lo que es muy importante para las plantas herbáceas como *Pennisetum clandestinum*, las que dominan esta etapa de reorganización sucesional.

Las bajas temperaturas hacen que dicha cobertura se degrade de forma muy lenta. Esto hace que el proceso de ciclaje de nutrientes se ralentice aún más, disminuyendo así la productividad primaria neta del sistema y aumentando la energía acumulada del mismo, lo que reviste una dinámica compleja debido a que la salida de dicha energía puede ocasionarse de forma rápida y agresiva mediante la combustión de dicha materia orgánica.

La acumulación de la materia orgánica también se convierte en una forma de mantener constante la temperatura interna del suelo debido a que amortigua la influencia de las oscilaciones diarias, puesto que la temperatura disminuye de forma drástica durante la noche aun en la época húmeda.

Dicho proceso acumulativo no supone en este caso un ciclaje efectivo de los nutrientes y ello influye en el mejoramiento de las condiciones físicas y químicas del suelo, contrario a ello, se incrementa el encharcamiento y se disminuye la capacidad de infiltración de agua. Debido a que en las etapas iniciales de la sucesión es el sustrato el que reviste la mayor importancia en el desencadenamiento de procesos evolutivos más complejos, hasta no tener unas mejores condiciones de luz en el suelo y acceso al mismo para germinar y establecerse, las semillas de otras especies de carácter arbóreo o arbustivo, no podrán crear un entorno adecuado para su desarrollo.

En dicha asociación la característica principal de la vegetación es la alta adaptación a un medio de condiciones biofísicas muy drásticas si se tiene en cuenta el bajo pH del suelo, las bajas temperaturas y el constante encharcamiento del sustrato. Los



problemas ecofisiológicos que revisten dichas condiciones son compensados mediante la producción de biomasa para adaptar el medio a sus necesidades. Este tipo de asociación podría categorizarse como una etapa disclímax de acuerdo con los preceptos de Clements (Sarmiento, 1984).

7.1.3.3 Asociación *Solanum inopini* - *Chusquetum scandentis*

Esta asociación se caracteriza por ser una de las más específicas y con especies de clara distribución gregaria. Generalmente presentan biotipos de rápido crecimiento y con una alta distribución geográfica. La especies *Solanum Inopinum* y *Chusquea scandens* forman densas capas de vegetación de carácter intermedio ya que aunque *Chusquea scandens* es de habito herbáceo, tiene el comportamiento sociológico de un arbusto gregario. Su tallo largo y espigado que se inclina generalmente para poder generar nuevas plántulas en contacto con el suelo mediante la producción de raíces fúlcreas es una adaptación a la necesidad de conseguir luz y colonizar espacios.

Dicha especie suele crecer de forma agresiva permitiendo únicamente el crecimiento desordenado de una matriz densa de tallos y hojas con altos volúmenes de biomasa. Esto la convierte en una especie de fácil distribución y crecimiento y altamente dominante si se tiene en cuenta que el número de individuos por metro cuadrado que puede llegar a ser mayor a 20.

Chusquea scandens ha sido categorizada por algunos autores como precursora de estados más avanzados de la sucesión, concepto que puede reevaluarse y redefinirse en esta investigación por cuanto dicha especie presentó un comportamiento contrario en las áreas desprovistas de vegetación de porte arbóreo y poco tendiente a influir en la evolución de dicho proceso; contrario a ello, tiende a alargar por mucho más tiempo la sere donde el mismo se encuentra siendo dominante, incrementando incluso su área de influencia.



La presencia de dicha especie en los bordes que delimitan el bosque puede verse ahora como un nuevo tensionante ya que delimita los límites del bosque generando así una barrera de difícil traspaso para animales dispersores de semillas. Con una dinámica sociológica muy sencilla y monotendencial, dificulta la movilidad de semillas entre el interior del bosque y el exterior del mismo. La latencia de las semillas provenientes del bosque se incrementa debido a que no obtienen las condiciones necesarias para su germinación aún teniendo las condiciones lumínicas apropiadas.

Esta especie suele colonizar los claros naturales que se presentan con la dinámica del bosque. Crece rápidamente ocupando el espacio que se genera en el claro donde la temperatura y la luminosidad aumentan y la humedad relativa disminuye, generando ciertas condiciones que sin duda promueven el establecimiento de especies arbóreas de rápido crecimiento que después la desplazan debido a que no logra consolidar una cobertura densa. Sin duda su dinámica en el interior del bosque puede ser benéfica para el mismo ya que promueve la estabilización del microclima dentro de los claros. Presenta las características de una especie dinamogénica por excelencia. Alta abundancia de biomasa aérea que confiere sombra para el establecimiento de individuos de especies esciófitas, microclima interior adecuado para el desarrollo de la plántulas y humedad relativa alta, condiciones óptimas para el desarrollo de especies con mayores requerimientos. Por esta razón no se puede inferir una sola dinámica para esta especie ya que ella misma responde a los factores del medio de forma diferente.

Su uso como especie precursora de seres más complejas está ligado a la capacidad propia de competir por espacio con otras pioneras siendo sumamente versátil en el uso y aprovechamiento de los recursos tolerando las condiciones del ambiente relativamente extremas.

Por su parte *Solanum inopinum* presenta un perfil más discreto respecto al tamaño de su población, siendo esta mucho más reducida que la presentada por *Chusquea*



scandens. Dicha especie suele crecer y desarrollarse de forma gregaria la que es sin duda una de las causas por la cual comparte esta asociación. Su propagación en las áreas afectadas de la reserva esta muy ligada a las zonas de mediana pendiente donde pueden encontrarse mejores condiciones de drenaje. Al igual que *Chusquea scandens*, crece sobre suelos ácidos en los que se desarrolla sin complicaciones fisiológicas, siendo una de las especies que demostró crecimiento sobre coberturas herbáceas como las presentadas por *Pennisetum clandestinum*.

Lo anterior la convierte en una de las pocas especies capaces de germinar y establecerse sobre dicho tipo de cobertura. Además de las especies *Rubus floribundum* y *Pteridium aquilinum*, esta se vió como competidora pionera siendo de porte arbustivo y tallo leñoso.

Es una de las especies de mayor adaptabilidad gregaria ya que se moviliza de forma masiva siendo muy difícil encontrar individuos solos o aislados de grupos consolidados. Están adaptadas de forma estratégica para la colonización rápida de áreas en proceso de restauración. Su crecimiento es rápido y la cobertura que presenta no es densa aun cuando sus hojas son de gran tamaño si se compara con las de otras pioneras encontradas en la reserva. Crecen sobre suelos con bajos contenidos de materia orgánica.

Otras especies que se encuentran presentes en esta asociación dando indicios serios sobre la dinámica interna del ecosistema son *Clusia ducu* y *Hedyosmum crenatum*. Pertenecientes a seres intermedias, se establecen cerca al borde del bosque donde comparten su espacio con *Chusquea scandens*. Esta asociación es una muestra típica de una sere en estado de transición de un estado priseral a mesoseral, incluyéndose de esa forma individuos con características fisiológicas diferentes.



7.1.3.4 Alianza *Miconio theaezantis* - *Myrcion coriaceae*

Esta alianza se encuentra constituida por los levantamientos L1, L11, L9, L18, L19, L5, L16, L17, L4, L10, L15, L20, L2 y L3 en los que se encuentran nuevas especies compartidas por las seres dos, tres y cuatro principalmente infiriéndole a las mismas una mayor complejidad funcional y en razón a ella, una mayor diversidad.

En esta alianza se evidencian los cambios estructurales de la vegetación que de forma paulatina se ha venido estableciendo en zonas que poseen mejores características zonales. Las especies que se encuentran organizadas espacialmente en dicha alianza son más evolucionadas fisiológicamente y por tanto son más exclusivas y sensibles a las perturbaciones.

Debido a que su establecimiento obedece a la reestructuración y adaptación del entorno a las condiciones mínimas requeridas por las especies que en esta alianza se hacen evidentes, cualquier tipo de disturbio puede alterar nuevamente su funcionamiento o hacerla evolucionar de una forma totalmente diferente a la que puede esperarse. Hipotetizar sobre la evolución de las complejas relaciones sinecológicas que se gestan dentro de este tipo de comunidades sigue al análisis puntual de las variables que influyen de forma determinante en el desarrollo de la vegetación. Por encontrarse establecida dicha alianza en un medio de comportamiento relativamente estable, se hace más sensible a los cambios que se puedan presentar en el ecosistema.

En este punto de desarrollo de las comunidades, las estrategias de adaptación se hacen más evidentes y los mecanismos individuales aunque importantes para garantizar la persistencia ecológica, pasan a un segundo plano en el que ya las relaciones no son de competencia única sino de ayuda y cooperación biológica. De este precepto se parte para encontrar varios resultados importantes respecto a la estabilidad relativa que comienza a alcanzar la sucesión desde las etapas que conforman las mesoseres y tardiseres.



Esta alianza se caracteriza por la homeostasis que demuestran las comunidades presentes. Esto evidencia un gran desarrollo de las conexiones internas efectivas al hacerse el sistema cada vez más autónomo y autosostenible dependiendo de que las variables ambientales principales se mantengan o al menos no presenten cambios drásticos.

La presencia de especies más selectivas demuestra a su vez que el proceso se encuentra activo debido a que los individuos encontrados poseen biomasa aérea representada en hojas y tallos de carácter leñoso con menores tasas de acumulación que las observadas en las etapas serales iniciales. No obstante dicho sistema no puede mantenerse a sí mismo de forma independiente ya que se sitúa en un espacio social más grande con interrelaciones más complejas aún, por lo que no podría incrementar o mejorar los procesos si no fuese constantemente redirigido y alimentado por la matriz básica inicial de vegetación de donde proviene el banco genético del cual parten las seres más avanzadas.

7.1.3.5 Asociación *Hedyosmo crenati* - *Myrsinetum coriaceae*

Con un número mayor de especies y una presencia de especies hemisciófitas parciales representativas del bosque maduro, esta asociación está caracterizada por la especie *Hedyosmun crenatum*, la cual hace presencia en el bosque maduro (Cantillo *et al.*, 2005). Se encuentra de manera selectiva y localizada gregariamente en algunos bordes del bosque donde *Chusquea scandens* no ofrece ninguna resistencia a la dispersión de sus semillas al no estar presente, por cuanto ambas especies no pueden desarrollarse cercanas entre si.

La especie *Hedyosmun crenatum* posee la habilidad natural de producir grandes volúmenes de semillas aunque las mismas sean de reducido tamaño, lo que puede ser de cierta forma una ventaja pero a su vez una falla adaptativa. Al entrar a competir con otras especies, esta posee el banco semillero necesario pero el medio



no le otorga con frecuencia las condiciones necesarias para su germinación. Cerca del árbol padre y lejos del *Chusquea scandens* esta especie tiende también a diseminarse de forma gregaria y puede llegar a establecer zonas con comportamientos sucesionales más cercanos al que presenta la estructura de ciertas partes del bosque. Cerca de dicha especie y otras pioneras, las semillas quedan sepultadas y latentes en los colchones de hojarasca que las mismas producen.

De igual forma se establece la especie *Myrsine coriacea* la que se encuentra distribuida de forma amplia en tres de las cuatro etapas serales analizadas, presentando mayor influencia en las etapas tardiseriales (tres y cuatro), lo que demuestra su capacidad de adaptación a características particularmente edáficas e indica su potencial como especie dinamogénica.

La complejidad de los ciclos que se dan al interior de esta asociación se demuestran claramente en el incremento de materia orgánica del suelo y de los nutrientes más importantes como el potasio.

Ligadas a estas especies aparecen otras que se repiten en el arreglo florístico que presenta la reserva forestal en sus diferentes seres. Dichas especies se caracterizan por poseer valores altos de abundancia, frecuencia y dominancia entre otros índices, acompañando a las especies *Myrsine coriacea* y *Hedyosmun crenatum*. Especies como *Miconia sp.*, *Axinea scutigera* y *Miconia theaezans*, fueron persistentes en la mayoría de los levantamientos obedeciendo a menores limitantes.

Aunque las relaciones fitosociológicas determinadas en estas seres se van convirtiendo en constantes, estas tienden a convertirse a su vez en relaciones muy frágiles y fluctuantes.



7.1.3.6 Asociación *Weinmannia pinnatae* - *Miconia theaezans*

Esta asociación se encuentra caracterizada por la presencia de una amplia gama de especies que se han venido estableciendo en el transcurso paulatino de las etapas serales que se han ocurrido unas a otras en desarrollo del proceso sucesional. Estas se han adaptado de forma muy significativa a las variables ambientales puesto que ya han cambiado las condiciones microclimáticas y edáficas para su establecimiento. Las especies aquí encontradas son las que reestructuran el diseño del bosque debido a que se encuentran en etapas tempranas de maduración inicial del mismo. Los individuos que se establecen en esta asociación pertenecen a especies con mayor factibilidad de adaptación y altas posibilidades de mantenerse en el tiempo generando opciones más concretas de dispersión de propágulos propios y de cobijamiento de material germinativo de otras especies brindándoles protección por cuanto dichas semillas no provienen de plantas heliófitas.

Las especies que se encuentran en esta asociación son características de etapas intermedias de desarrollo del bosque propiamente dicho, por lo que las mismas pertenecen a gremios ecológicos más selectivos ya que de forma exclusiva han salido del bosque para colonizar áreas viables.

Con un alto número de especies esta asociación se encuentra caracterizada por una que es de vital importancia para el bosque maduro, *Weinmannia pinnata*, ya que esta domina la asociación *Ocotea calophyllae* - *Weinmannietum pinnatae*, que se encuentra en áreas dominadas por vegetación de porte arbóreo de relevancia en la reserva y la diferencian de otras zonas de bosque altoandino. A su vez la especie dominante, *Miconia theaezans*, mantiene un fuerte vínculo entre las seres dos y tres, llevando la sucesión a estadios mayores a través de su papel importante en la transformación del medio abiótico más favorable para especies como *Weinmannia pinnata*.



7.1.3.7 Síntesis Florístico Estructural del Seguimiento Sucesional

7.1.3.8 Dendrograma

Los levantamientos L12 y L14 se pueden comparar ya que se encuentran al mismo nivel de complejidad estructural. Esto puede ayudar a concluir que dicha asociación posee una baja diversidad y que entre estos dos levantamientos no existe una diferencia significativa, lo que infiere patrones de vegetación muy similares determinando que la misma asociación es altamente competitiva al formar una agrupación de especies que presentan alta abundancia y alta probabilidad de reproducción.

En la asociación *Solanum inopinum* - *Chusquea scandens* se genera una mayor disimilitud entre los levantamientos que la componen. La asociación es más diversa y mucho más frágil ya que el comportamiento gregario de las especies genera competencia individual.

La similitud encontrada entre los levantamientos de las asociaciones *Weinmannia pinnata* - *Miconia theaezans* y *Hedyosmum crenatum* - *Myrsine coriacea*, muestra claramente que dichas asociaciones son susceptibles de lograr una evolución sucesional más definida debido a que ya en ellas se evidencian ciertas características ambientales que las favorecen pudiendo incluso generar otras asociaciones que tengan procesos evolutivos diferentes.

En el dendrograma se observa la diferencia existente entre levantamientos de la primera serie y levantamientos de las series tres y cuatro, determinando la dificultad de esta para generar cambios sucesionales y ambientales que determinen una complejidad ecosistémica como la que se encuentra en series más avanzadas.



7.1.4 Ordenación de Variables

7.1.4.1 Análisis Multivariado

7.1.4.1.1 Análisis de Componentes Principales (PCA)

Este análisis permitió corroborar y analizar la anidación de los levantamientos por sus características intrínsecas manifestadas en las variables medidas, encontrando correspondencia con la vegetación presente y su comportamiento social.

7.1.4.1.2 Análisis de los Factores

A través del análisis de factores se pudo ratificar la relación que existe entre diferentes variables del suelo, las características inter-asociaciones y la presencia o ausencia de características facilitadoras del proceso sucesional. La pendiente, como ejemplo, determina en gran medida los patrones espaciales de la capacidad de recuperación y la posible diversidad en ciertos parches de vegetación localizados en dichas zonas.

La diferencia entre factores no es muy clara en lo referente a las características químicas de suelo, lo que es lógico al pensar que dichos factores están asociados a una marcada regionalidad del suelo. Los factores de degradación afectan al mismo punto la totalidad de los suelos desprovistos de una cobertura vegetal; por esta razón se descarta la implementación de tratamientos que contemplen la aplicación de algún tipo de químico, ya que los suelos susceptibles a ser revegetalizados y restaurados se encuentran en capacidad de establecer una vegetación de tipo arbórea. De igual forma, este análisis permite comprobar la necesidad de asistir el proceso sucesional modificando las condiciones físicas del suelo, las que sí determinan en gran medida la evolución de la sucesión, ya que estas sufrieron inicialmente cambios pronunciados por el erróneo uso del suelo en actividades de pastoreo.



7.1.5 Teorización Evolutiva

A través de las etapas serales hipotetizadas en el modelo sincrónico, el hallar diferentes alianzas y asociaciones ligadas a los factores que determinaron la teorización evolutiva, da una clara idea sobre la racionalidad del comportamiento de las seres. De igual forma brinda la posibilidad de generar un esquema sobre la evolución del sistema en concordancia con las variables analizadas, las especies y las características halladas en la reserva.

La matriz de gramíneas caracterizada por especies como *Holcus lanatus* y *Pennisetum clandestinum* dominan las etapas priserales de la sucesión, situación que se ve secundada por la existencia de matrices de vegetación que en respuesta a ello actúan como amortiguadores naturales que buscan el reemplazamiento sucesivo de dichos pastos por otras especies, lo que unido a las condiciones ambientales de la zona hacen más complejo y variable el proceso sucesional. Lo anterior brinda indicios respecto a cual debe ser el punto de partida en la restauración de la zona afectada que aún guarda una alta diversidad de especies en relación con el número de individuos por unidad de área.

A partir de este punto se puede identificar la alianza *Rubus floribundum* - *Pteridium aquilinum* como la base sobre la cual se estructurará una comunidad más compleja que podrá llegar a convertirse en un bosque clímax estable. Como es característica típica de las etapas priserales, dicha sere posee una baja diversidad de especies pero el gran rango de adaptación de las especies que en ella se encuentran permiten generar condiciones idóneas para la llegada de nuevas especies asociadas a esta alianza.

La siguiente sere estará determinada por la asociación *Solanum inopinum* - *Chusquea scandens*, donde una especie tan agresiva como esta última está en las mismas condiciones de colonización selectiva que posee *Solanum inopinum*, la que



depende inicialmente de sus agentes dispersores, los que la dispersan sus propágulos en forma de parches generadores de nuevas comunidades.

La asociación *Rubus floribundum* – *Pteridium aquilinum*, que se encuentra en zonas de baja pendiente y suelos encharcados, disminuye la tasa de regeneración del ecosistema puesto que se establece y se vuelve dominante tanto en cobertura como en densidad de individuos por unidad de área. Aunque genera cambios microclimáticos y proporciona materia orgánica al sustrato, desplazarla y reemplazarla en el tiempo es una labor muy compleja para el sistema. Esta demarca el camino hacia la siguiente asociación no en una determinada dirección, sino, en algunos casos, hacia la unión de las dos primeras asociaciones que trabajan como una sola alianza. En esta etapa la evolución del ecosistema cuenta con especies más exigentes en condiciones de luz, agua y suelo; dichas especies pertenecientes a la asociación *Hedyosmun crenatum* - *Myrsine coriacea*, poseen un amplio rango de distribución en el bosque maduro pudiendo incluso encontrarse en las zonas de los bordes del mismo, con características más sociales y como indicadores de mayor humedad. De igual forma estas especies se caracterizan por su distribución y aunque no poseen grandes poblaciones, su constancia y su dominancia las convierten en especies importantes en zonas intermedias de la sucesión como gestores de asociaciones más evolucionadas.

La dinámica de la sucesión sigue determinada por las asociaciones *Rubus floribundum* - *Pteridium aquilinum* y *Solanum inopinum* - *Chusquea scandens*, que dan paso posteriormente a la asociación *Weinmannia pinnata* - *Miconia theaezans* que si bien guarda similitud con la asociación *Hedyosmun crenatum* - *Myrsine coriacea* en cuanto a especies y complejidad estructural, se convierte en una comunidad que propicia la evolución constante debido a sus características ambientales y estructurales dentro de las que se desarrollan especies de vital importancia para las asociaciones predominantes en el bosque maduro como *Ocotea calophylla*.

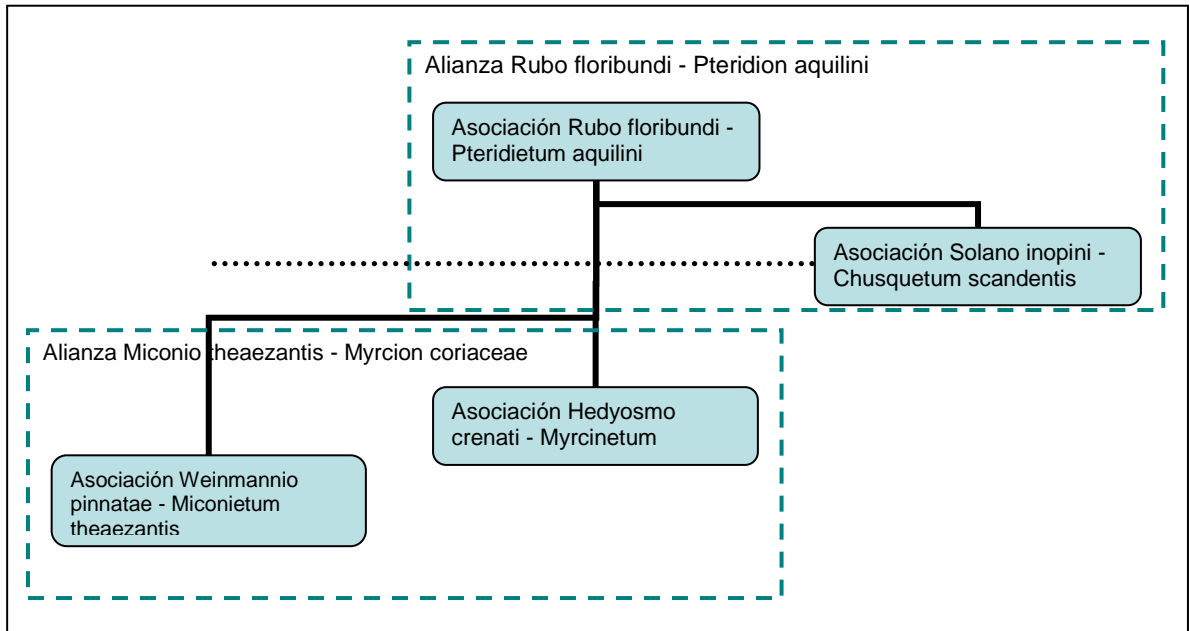


Figura 29. Evolución sucesional del proceso serico sincrónico.

La composición florístico-estructural de las asociaciones presentes en el proceso sucesional determina no solo los nuevos caminos de evolución de este proceso, sino las características y formas de distribución regional. En consecuencia, la presencia de especies aparentemente débiles en frecuencia y abundancia como *Hedyosmun crenatum* ubicados en una configuración ecosistémica agresiva como la que se evidencia en la reserva, hace que la repoblación por parte de otras especies más exigentes aún, se vea retardada. Por tal razón, dichas especies se convertirán en variables importantes en los flujos energéticos y ecológicos en las etapas intermedias de maduración ecosistémica.

La evolución de las asociaciones en la Reserva Forestal Cárpatos se mantiene a través del cambio constante de la diversidad de especies, por lo que es necesario el sacrificio de algunas de ellas en el tiempo e incluso el establecimiento intermitente de las mismas. Tal es el caso de *Clusia multiflorae*. Lo que es de suma importancia es que la acción compartida de especies dinamizadoras como *Weinmannia pinnata*,



Miconia theaezans y *Myrsine coriacea* y el azar del proceso determinen el futuro de asociaciones características como *Ocoteo Calophyllae - Weinmannietum pinnatae* o *Clusio multiflorae - Weinmannietum balbisiae* encontradas en el bosque maduro (Cantillo *et al.*, 2004). Lo anterior puede clarificarse de acuerdo con el proceso expuesto en la figura 30.

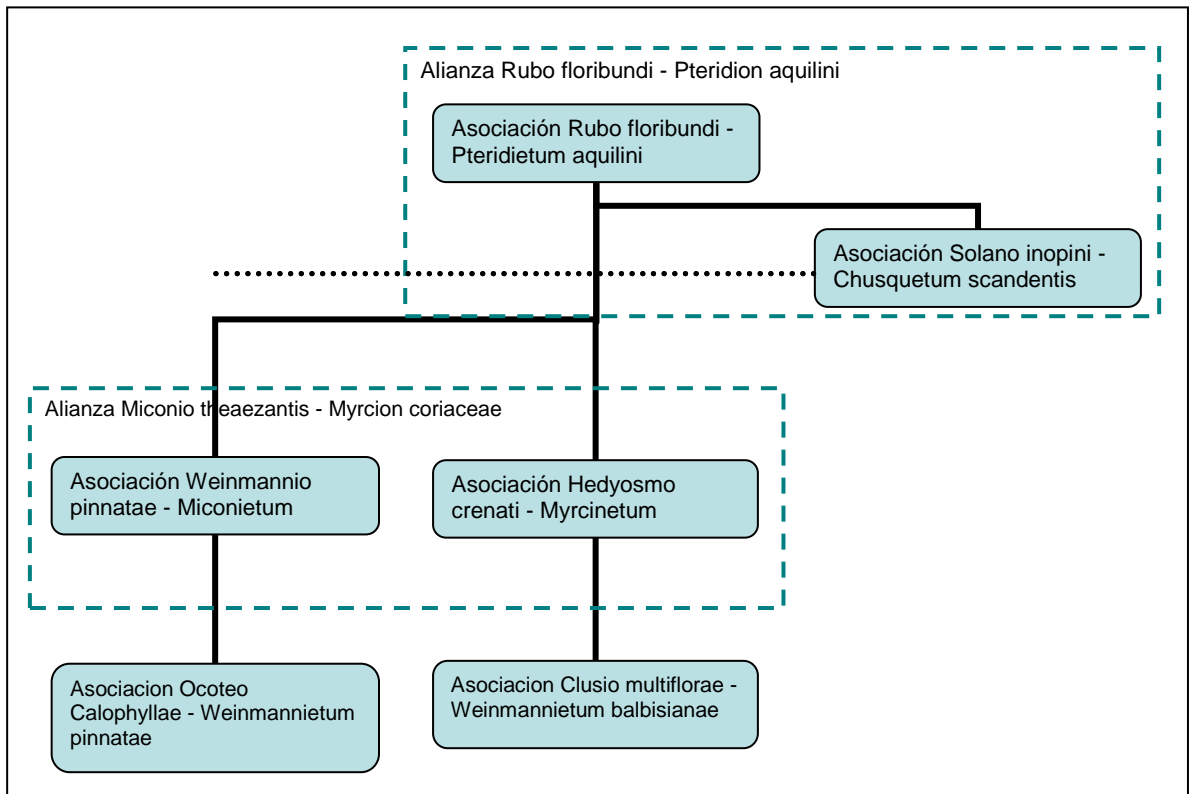


Figura 30. Evolución del proceso sucesional de la Reserva Forestal Cárpato.



7.2 APLICACIÓN DE TRATAMIENTOS

7.2.1 Aspectos Generales

7.2.1.1 Características Biofísicas

La ubicación de las parcelas objeto de los tratamientos obedeció a patrones establecidos al azar por lo que cada una, ubicada dentro de las características zonales (bloques), poseía unas determinadas características biofísicas intrínsecas dentro de las cuales existe un gradiente casi imperceptible debido a la falta de cobertura vegetal en algunas de ellas. Esto hace que la vegetación se exprese obedeciendo a factores muy localizados como el microclima o las características del suelo ligadas a asociaciones hídricas y edáficas.

Las características más destacables están enmarcadas en la zonificación realizada a las parcelas. Las parcelas que se encuentran entre 50 y 200 metros de distancia al bosque maduro están caracterizadas por ubicarse en zonas de baja pendiente (0 – 5%) y en algunos casos con pequeñas colinas que configuran un ambiente transicional ideal para algunas especies de seres iniciales. Las parcelas ubicadas en distancias intermedias al bosque, entre 200 y 400 metros, poseen una pendiente mayor (5 al 25 %) en las que se desarrollan especies competidoras como *Pteridium aquilinum*, que se considera de porte bajo, incluida en la zona objetivo de los tratamientos. Es así como esta zona denotó reacciones a los tres tipos de tratamientos en condiciones cambiantes al término de su aplicación. Por último las parcelas más lejanas al bosque, localizadas a más de 400 metros, caracterizadas por planicies y pendientes hasta del 20% en colinas apartadas, demostraron fuerte compactación del suelo y la presencia de especies como *Rubus floribundum* y *Pennisetum clandestinum*.



El suelo en las diferentes parcelas se encuentra en un proceso de recuperación de su estructura, que inició hace cinco años en los que ha dejado de ser objeto de prácticas antrópicas (pecuarias).

Como se vió en el análisis químico realizado, los suelos presentan carencia de ciertos elementos menores como el hierro, que si bien es un elemento menor, juega un papel importante en la absorción complementaria de otros nutrientes por estar presente como ion en el suelo. De igual manera se encuentran deficiencias en otros elementos como el Fósforo disponible. Por otro lado, la taxonomía de los suelos, concuerda con los descritos por Corpoguavio (2000), encontrando principalmente *Typic Humitropept* y *Typic Dystropept*, los cuales se caracterizan por su alta acidez (valores de pH cercanos a cuatro) y su baja fertilidad. Los suelos de la zona uno, se muestran mucho más permeables con una porosidad total de 80%.

El clima adopta todas las características generales de la zona, de esta forma se presentan episodios de precipitación en todos los meses del año, con mayor intensidad entre los meses de abril a septiembre con una época más seca entre los meses de noviembre y febrero, esto se ve reflejado en la humedad relativa de la zona, en la cual encontramos valores de 98% en épocas húmedas, y de 70% en épocas secas.

7.2.1.2 Reacciones Biofísicas

La aplicación de tratamientos, no afectó ostensiblemente las características biofísicas de las parcelas, sin embargo el tratamiento de quema disminuyó las características del suelo respecto a la percepción arenosa en la textura, principalmente en la zona dos, donde en la misma parcela el porcentaje de arena en las pruebas de textura por Boyucos disminuyó de 40 a 17% luego de la aplicación del tratamiento, de igual forma los contenidos de materia orgánica aumentaron con la aplicación del tratamiento de quema, guardando proporciones en las



características químicas, pero presentándose una marcada disminución en el contenido de hierro.

Otros cambios presentados posteriormente a la aplicación de los tratamientos, fueron la disminución de la humedad relativa, principalmente en las zonas dos y tres, en las que se aplicaron los tratamientos de roza y quema que implican la eliminación de la capa vegetal. También se presentó un aumento en la temperatura media de las parcelas y una menor retención de humedad en los suelos, lo que no significó una afectación zonal ya que las nuevas condiciones generan posibilidades de establecimiento de especies menos gregarias que *Pteridium aquilinum*.

7.2.1.3 Logística de Aplicación

La aplicación a partir de diseño experimental implicaba adicionalmente combinar los tratamientos con otros tres, que serían multiplicados en cada uno de los anteriores; dichos tratamientos consistían en la dispersión de semillas al voleo, la siembra de semillas, y la no implementación de ninguna particularidad como testigo, lo que implicaba la recolección de material germinable dentro del bosque, por lo cual se procedió a la búsqueda de muestras idóneas de un volumen adecuado proporcional al tamaño de la parcela objetivo, con el objeto de comprobar la efectividad del material existente para la replicación de ecosistemas maduros en zonas degradadas.

La toma de muestras de semillas, se dio principalmente en especies de propagación barocoria y zoocoria, razón por la cual un gran porcentaje de estas se encontraron en la capa superficial de materia orgánica, la cual fue sustraída en proporciones adecuadas a los tratamientos y llevada a condiciones controladas de humedad y temperatura dentro del vivero construido para tal fin; Aun cuando las condiciones de dicho vivero simulaban las del bosque, la mortalidad de las muestras de material para la aplicación de sub-tratamientos fue del 100%.



7.2.1.4 Estado del Material Vegetal

El material vegetal principalmente es constituido por semillas del banco de semillas germinable presente en el bosque maduro, en el que la regeneración estaba directamente ligada al mismo y a las condiciones que determinan los patrones de recambio de individuos dentro del bosque; dicha regeneración es inviable como subtratamiento debido al alto costo de extracción y los cuidados excesivos en transporte y preestablecimiento para repoblación, razón por la cual se eligió el mosaico de materia orgánica en el cual se encuentra inmersa gran cantidad de semillas de individuos principalmente de las familias Melastomatacea, Lauracea y Cloranthaceae, las que se hallan presentes en las asociaciones de seres tres y cuatro previas a la conformación de un bosque clímax.

Las semillas de las especies presentes en el bosque, principalmente son de tipo recalcitrantes, que poseen altas tasas de germinación en condiciones ideales y una alta producción de semilla en periodos fenológicos prolongados. Este banco de semillas se convierte en una fuente frágil de regeneración en otras zonas debido a la falta de condiciones ambientales y la persistencia de semillas en desarrollo. Sin embargo existen algunas especies cuyo estadio dentro de la sucesión le permite poseer semillas ortodoxas, sin embargo estas se encuentran en menor proporción numérica de individuos y de especies.

De acuerdo con lo anterior, la mortalidad total de las muestras colectadas para precondicionamiento en las dos ocasiones en las que se efectuó la recolección del material, determina que dicha actividad es un postulado hipotético inviable para la restauración de la Reserva Forestal Cárpatos, sin embargo esto no descarta la posibilidad de utilizar especies como estas para la revegetalización de zonas degradadas, al contrario obligan al conocimiento a fondo de paquetes tecnológicos aceptables para la propagación en vivero de especies de poco valor comercial pero alto valor ambiental en la constitución de ecosistemas diversos de zonas alto-



andinas y de páramo donde la base ecológica de la sucesión y del recambio policlímático son dichas especies.

7.2.1.5 Capacidad de Recuperación

Las diferentes parcelas presentan un gradiente diferente de recuperación, encontrando un asocio principal a la distancia de otras fuentes semilleras o la presencia de herbáceas cercanas a la aplicación de la parcela. Dicho factor fue atenuado implementando un metro de borde proporcional de barrera, mediante el cual se intentaron amortiguar los factores incidentes cercanos a las parcelas tratadas. En las parcelas donde se efectuó la roza, el crecimiento fue mucho más acelerado, hecho que impide la llegada de individuos de carácter arbustivo o arbóreo, debido a la capa densa de los diferentes pastos presentes en la reserva, principalmente *Pennisetum clandestinum* y *Holcus lanatus*, los que presentan una alta alelopatía con las especies procedentes del bosque, por lo que la regeneración de la cobertura vegetal no implica una evolución sucesional de la zona.

La aplicación de fuego, constituye un mejor tratamiento para la regulación de las condiciones para las especies vegetales presentes en el área de incidencia, ya que este tratamiento hace más lento el proceso de recuperación de pastos y herbáceas, dando un mayor tiempo al establecimiento y desarrollo de semillas de especies arbustivas y arbóreas; de igual forma, la aplicación de dicho tratamiento, modifica algunas características del suelo que son favorables a las especies de pastos, este hecho se vió acentuado en la aplicación del mismo tratamiento en las zonas uno y tres, en las que los factores de cercanía de fuentes semilleras y pendientes pronunciadas respectivamente apoyaron en la germinación de semillas en estado de latencia. Este hecho genera una baja diversidad al analizar la parcela en una escala temporal mayor, puesto que las semillas pertenecen a pocas especies con posibilidad de propagación en las mencionadas zonas, lo que conlleva a la necesidad de combinar estos tratamientos con la preplantación de especies importantes en seres medias pero con semillas de tipo recalcitrante.



7.2.2 Composición Florística

La composición de las parcelas objetivo se definió entre los márgenes de competencia ecológica que generan especies como el *Chusquea scandens*, *Holcus lanatus*, *Pteridium aquilinum* y *Pennisetum clandestinum*, por lo que la aplicación de los tratamientos llegó a influir en la alianza Rubo floribundi - Pteridion aquilini en la que el tratamiento de roza no generó condiciones para el establecimiento de nuevas especies, en tanto la quema fue un tratamiento eficaz debido al surgimiento de renuevos de otras especies de etapas serales más avanzadas. La asociación compite con los pastos por generar ambientes adecuados para otras asociaciones en una escala temporal mayor y con implicaciones y factores esporádicos en el desarrollo sucesional.

7.2.3 Análisis Estadístico de Reacción

Las variables susceptibles de medición propuestas para el análisis de los tratamientos, obedecen a las propuestas para el análisis estructural en las diferentes comunidades vegetales teniendo en cuenta las proporciones (abundancia, frecuencia, dominancia, IVI, diversidad de especies y familias), al igual que el análisis de la regeneración de especies arbustivas y arbóreas como principio de la restauración de estas zonas.

La evolución de las especies se da en una escala temporal proporcional a la misma sucesión, debido a esto, lo indicado para este caso fue tomar los resultados con base en datos medios en repeticiones de número de propágulos, definiendo estos propágulos como las semillas germinadas de especies arbóreas y arbustivas.

El análisis de varianza estableció una relación de varianzas muy baja, analizada para la fuente entre y dentro de los tratamientos, lo que indica la aceptación de la hipótesis nula al ser un valor inferior al coeficiente F de Student con confiabilidad del 95%, donde todos los tratamientos guardan alta similitud, lo que se traduce en



Al realizar el análisis se encontró que todos los tratamientos guardan una similitud proporcional que no genera diferencia significativa estadística para la aplicación de los mismos.

7.3 PROPUESTA TÉCNICA PARA RESTAURACION ECOLOGICA

7.3.1 Importancia de los Resultados

Sobre la base de los resultados y las experiencias realizadas en la reserva, se proponen los lineamientos de un protocolo de restauración ecológica que ayude a reactivar el proceso de sucesión de los bosques andinos. Con enfoques conservacionistas, este promueve el resurgimiento de una cobertura forestal más compleja y con relaciones fitosociológicas más desarrolladas. De esta forma, este documento se convierte en una herramienta básica para la restauración de ecosistemas en condiciones similares como resultado del proceso de concienciación de las entidades gubernamentales y privadas en el mejoramiento de la calidad ambiental.

7.3.2 Aspectos Generales de Consideración

7.3.3 Especies Importantes para la Restauración en las Primeras Seres

Especie: *Myrsine coriacea* (Sin. *Raphanea ferruginea*) (Salamanca, 2000).

Familia: MYRSINACEAE

Es una especie precursora de condiciones ideales, principalmente de clima, por lo cual influencia bastante las características de las asociaciones futuras. Esta especie está asociada a la presencia de *Weinmannia sp.*. Su amplio rango ecológico, le permite encontrarse en un nivel altitudinal variado; de igual forma, las necesidades de suelos en materia orgánica, textura y humedad requeridas para la especie son bastante variables, por lo que esta especie puede ser una herramienta más en la búsqueda de un bosque clímax. Esta especie es asociada a la fauna, debido



principalmente a su fenotipo, el que la convierte en un foco de establecimiento de aves formando un importante banco de semillas ligado a estrategias de dispersión ornitocoria.

Especie: *Miconia sp.*

Familia: MELASTOMATACEAE

Es de suma importancia en la evolución de las priseres, es considerada una especie de “sacrificio”, en algunas de sus variedades, precediendo especies de bosque maduro como *Weinmannia sp.*, *Ocotea calophylla*, entre otras. Su variabilidad y alta adaptación en diferentes condiciones de luz, lo convierten en un agente especial para la colonización de pastos y para mantenerse en estas zonas hasta conseguir una importante evolución en la sere.

Especie: *Ocotea calophylla*

Familia: LAURACEAE

En tardiseres juega un papel importante debido a su rol futuro, en el que debe mantener el equilibrio ecosistémico a través de su presencia característica en asociaciones de bosque maduro influyendo en la importancia adquirida por la familia Laurácea en este tipo de bosques.

Especie: *Dodonaea viscosa*

Familia: SAPINDACEAE

Esta especie es indicadora de suelos muy pobres, lo que le da un carácter de indicadora. Demuestra también su potencial como precursor climático en priseres de condiciones ambientales adversas, apoyando la consolidación de asociaciones como *Weinmannia pinnatae* - *Miconietum theaezantis* en el proceso sucesional.



Especie: *Hedyosmun crenatum*

Familia: CHLORANTACEAE

Esta especie si bien es muy afín taxonómicamente a *Hedyosmun bomplandianum*, debe ser diferenciada de esta por el tamaño de sus hojas y frutos, los mismos que le dan una importancia en la propagación en el borde del bosque, lugar donde esta especie entra a jugar un papel importante como precursora de tardiseres, ayudándola al establecimiento seres más evolucionadas; así mismo la dinamización de la misma esta articulada por la avifauna, ya que esta constituye una fuente de alimento para la misma.

Especie: *Rubus floribundum*

Familia: ROSACEAE

Debido a su forma de crecimiento en forma de arbusto entramado y su alta producción de frutos puede retrasar la sucesión; mantiene una alta dispersión zoocoria y una propagación ideal para dinamizar el proceso de establecimiento de nuevas especies, de igual forma, su alta tolerancia a suelos ácidos, la convierten en una especie importante en la Reserva Forestal Cárpatos debido a que esta es una característica muy común en los suelos de esta zona.

7.3.4 Puntos de Acción en el Proceso Sucesional

Al analizar la evolución del proceso sucesional, podemos definir distancias temporales entre un momento serico y el siguiente, así como los divergentes caminos del mismo, lo que crea una necesidad en la definición de focos de acción, tendiente a la restauración ecológica asistida en las zonas degradadas en condiciones adecuadas para la revegetalización y recuperación de condiciones ambientales como respuesta de la vegetación al medio y su retroalimentación.

En el proceso de evolución de asociaciones como resultado de la sucesión, en la Reserva Forestal Cárpatos encontramos focos de acción más necesitados de asistencia dependiendo de la complejidad y la distancia temporal entre seres; es así



como el paso entre la asociación *Rubus floribundus* - *Pteridium aquilinum* y la asociación *Weinmannia pinnata* - *Miconia theaezantis* requiere de las medidas que disminuyan esta distancia temporal y la disminución de los limitantes presentes en la zona, que para el caso en particular se acentúa. Lo mismo sucede en la evolución hacia la asociación *Hedyosmum crenatum* - *Myrsine coriacea* en la cual esta distancia es más corta pero mantiene una baja diversidad, lo que aumenta la distancia temporal hacia las asociaciones de bosque maduro, para lo que es necesario buscar una mayor diversidad mediante la implantación de especies factibles de la asociación *Weinmannia pinnata* - *Miconia theaezantis*, que con un sentido más dinámico de la sucesión, le daría nuevas alternativas de evolución, las cuales serían más efectivas y rápidas.

La asistencia en puntos espaciales particulares, se encuentra ligada a una relación con el espacio temporal. Por tal razón, debe buscarse el fortalecimiento de la matriz de vegetación presente entre las asociaciones *Weinmannia pinnata* - *Miconia theaezantis* y *Rubus floribundus* - *Pteridium aquilinum*, para el sostenimiento de la sucesión a través del tiempo. Se deben fortalecer las asociaciones *Weinmannia pinnata* - *Miconia theaezantis* y *Hedyosmum crenatum* - *Myrsine coriacea* debido a que son las que darán paso a seres más evolucionadas y se encuentran por lo general asociadas a los límites espaciales de especies en sinergia con las funciones ecológicas de la vegetación.

7.3.5 Aspectos Técnicos de Restauración

7.3.5.1 Plantación en Seres Medias

Las seres medias tal y como han sido analizadas, pueden ser definidas como focos de acción prioritaria para la restauración ecológica de la Reserva Forestal Cárpatos. La plantación de especies arbóreas es una actividad viable y necesaria implementando individuos presentes en la sucesión y las respectivas asociaciones y alianzas presentes.

Para el caso se propone la siembra de especies como: *Myrsine coriacea* o *Miconia sp.* en zonas de media pendiente donde la configuración general incluya *Pteridium aquilinum* en su mayoría, para lo cual la plántula a sembrar no debe poseer una altura inferior a 80cm y exige un mantenimiento inicial para el control de competencia por parte del mismo helecho.

Así mismo, en zonas degradadas, la siembra de *Dodonea viscosa* o *Miconia sp.* es ideal para la nueva configuración de una matriz de especies hemisciofitas. Se debe tener en cuenta estas especie requieren diferente manejo de la plántula en cuanto a establecimiento y mantenimiento.

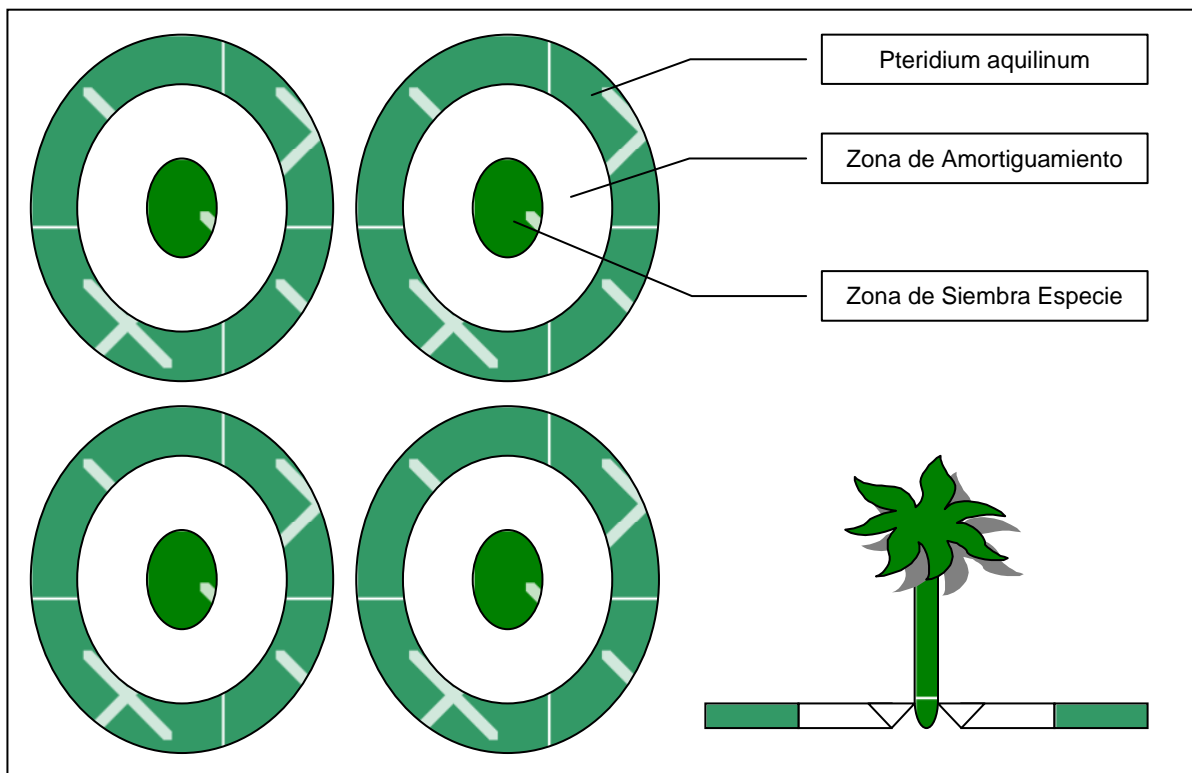


Figura 31. Esquema técnico de plantación en seres intermedias.



7.3.5.2 Implantación de Matrices de Semillas

Este tipo de ensayo implica la escogencia de especies de rápida germinación, de alta capacidad de establecimiento y de pocos requerimientos ambientales, que le permitan competir de manera eficaz con los pastos presentes en las zonas de implantación.

Para este efecto se propone combinar semillas de especies como *Rubus floribundum*, *Pteridium aquilinum* (material vegetal cortado antes de la producción de esporas), *Myrsine coriaceae* y *Miconia sp*, con el fin de propagar la ya conocida asociación Rubo floribundi - Pteridietum aquilini, pero en esta ocasión con inserción de nuevas especies incorporadas a las existentes reservas de revegetalización natural de la sucesión. Sin embargo, debido a la posible acumulación de necromasa se debe precondicionar el terreno de manera tal que la germinación de especies de seres más avanzadas sea pronta y no se determine por los procesos de acumulación de materia orgánica generados en seres iniciales. De esta forma, la quema controlada como tratamiento precondicionador de esta implantación se convierte en una valiosa herramienta para la validación de este tipo de métodos.

7.3.5.3 Articulación Sucesional Faunística

Debido a la sinergia presente en la propagación de semilla con la existencia de comunidades de fauna como agentes dispersores, es necesario facilitar esta, con el mejoramiento de las condiciones de la fauna, ya sean aves o mamíferos pequeños; es así como el sistema de perchas en hileras, y los corredores cortos de arbustos (principalmente de familia melastomatacea), generan un clima de confianza en la circulación de la fauna. De igual forma, se propone la eliminación selectiva de barreras de *Chusquea scandens* que actúa como limitante en la dispersión de semillas provenientes del bosque maduro que pueden ser transportadas por especies de fauna asociada.



7.3.5.4 Manejo de Suelos Altamente Degradados

Las deficientes características de suelo de la Reserva Forestal Cárpatos, tanto en propiedades físicas como químicas hacen que la sucesión este determinada en gran parte por el manejo de estos limitantes. Debido a lo anterior, labores de labranza mínima en la capa superficial de zonas susceptibles a la aplicación de tratamientos restaurativos, se convierte en la mejor opción para disminuir la alta compactación del suelo y el daño causado por agentes tensionantes.

Es necesario a su vez entender que esta práctica no debe ser implementada en la totalidad de la zona que comprende la reserva y que en las zonas donde se practique su intensidad debe ser mínima consiguiendo el objetivo primordial, el que consiste en disponer el terreno para el establecimiento de especies no muy exigentes en requerimientos ambientales, pero con la necesidad de manejar tiempos cortos en la germinación de las mismas.

7.3.5.5 Cordones de Manejo

Los cordones de manejo se plantean en dos líneas de acción:

La primera línea consiste en generar corredores de dispersión y control de la sucesión analizando las características de los suelos y la vegetación e implementando alguno de los puntos anteriores, intentando generar un ambiente adecuado para la restauración en direcciones que apunten hacia la matriz de vegetación base de la manera más rápida y sencilla.

La segunda línea de acción consiste en el establecimiento de cordones que disminuyan la acción limitante que ejercen especies como *Chusquea scandens*. La implantación en zonas de estancamiento por colonización de *Pennisetum clandestinum*, permitiría el control de la distribución espacial de especies invasoras



que generan una mayor distancia en la escala temporal de la evolución de las asociaciones a través de la sucesión.

7.3.5.6 Recuperación de Especies en Riesgo

A partir de especies identificadas dentro del ecosistema altoandino, en diferentes niveles de amenaza de extinción o en cantidades poblacionales bajas; es necesaria y prioritaria la recuperación de estas, no solo para la Reserva Forestal Cárpatos, sino también para el resto de los bosques alto-andinos; esta tarea conlleva un serie de etapas de aclimatación de los renuevos de estas especies, priorizando las mismas, para mantener un equilibrio dinámico con la presencia de la mayor cantidad de especies primigenias de este bosque. Igualmente se hace de vital importancia, no solo la investigación de paquetes tecnológicos para la propagación de especies con alto valor ambiental y de gran uso en la recuperación de áreas de gradadas de manera natural, pero con poco valor comercial, sino también la puesta en marcha de la producción en vivero de dichas especies con visión de mercado, no solamente a través de la institucionalidad sino abriendo un nicho de mercado con valores agregados.

7.3.6 Otras Consideraciones

Es de vital importancia reconocer las sinergias que mantiene con los factores externos económicos, políticos, sociales y culturales el delicado sistema ecológico de la Reserva Forestal Cárpatos y en general todos los bosques alto-andinos. Dentro de dichas sinergias los ciclos naturales y los flujos socioeconómicos que se hallan a su alrededor no deben ser obstruidos, deben ser producto de la transformación del imaginario social mediante la vinculación de las comunidades en actividades productivas asociadas y de educación.



7.3.7 Propuesta Metodológica para la Restauración de la Reserva Forestal Cárpatos

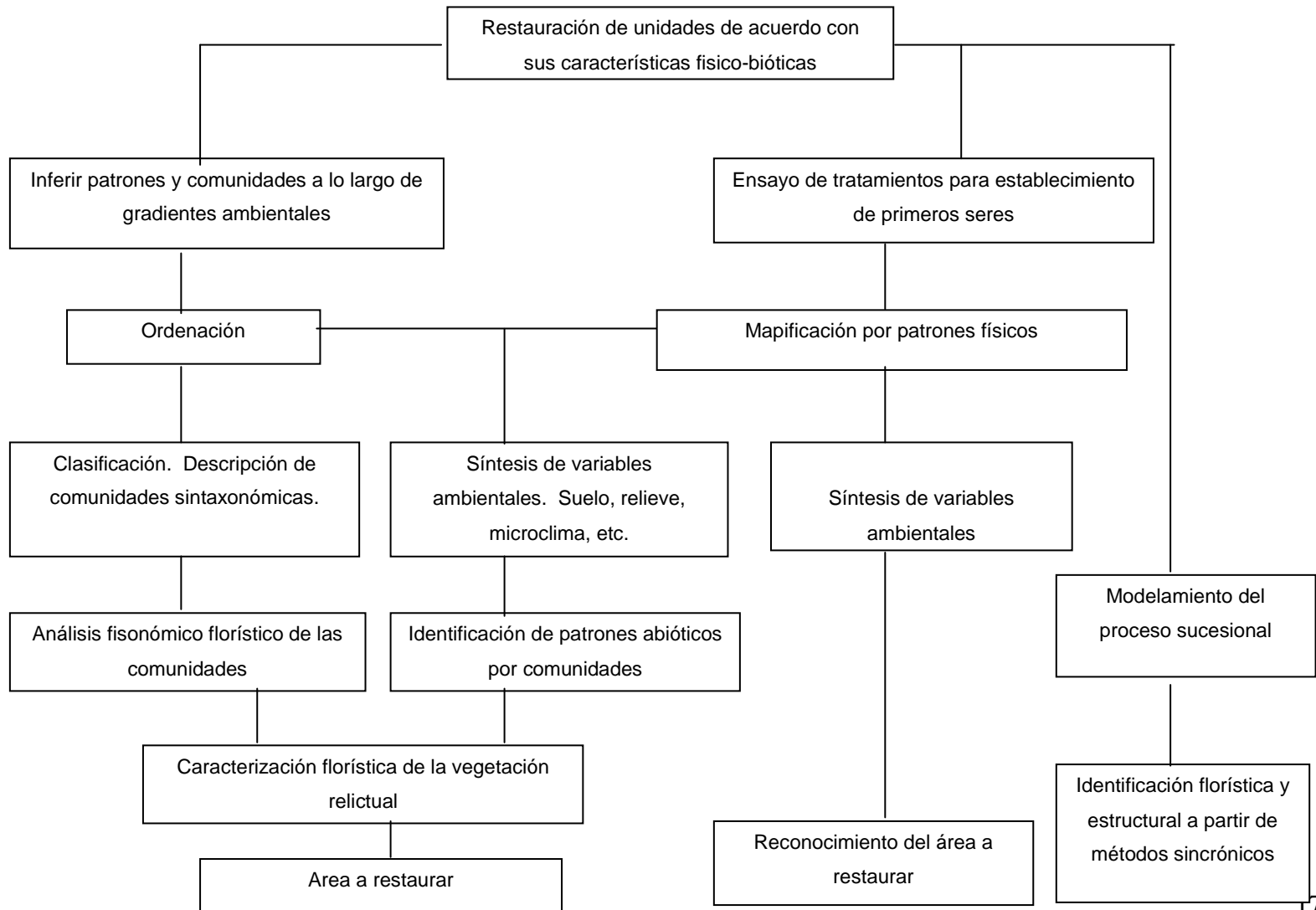


Figura 32. Propuesta metodológica para la restauración de la Reserva Forestal Cárpatos.



8. CONCLUSIONES

- El lograr diseñar un protocolo de restauración depende básicamente del modelo metodológico-investigativo y del análisis de este como principio fundamental en la práctica de las técnicas y propuestas allí consignadas. Para generar desarrollo en la zona se deben incluir los actores sociales que están en constante interacción con el medio generando procesos de restauración ecológica socialmente sostenible en la Reserva Forestal Cárpatos.
- El mejor tratamiento de manejo sobre gramíneas invasoras que permiten el establecimiento de especies pioneras y facilitan la recuperación de las áreas degradadas en la Reserva Forestal Cárpatos es la implantación de especies pertenecientes a las diferentes asociaciones encontradas en el estudio florístico tales como *Myrsine coriaceae* o *Miconia sp.* La implementación debe hacerse en las seres intermedias y en los momentos sucesionales convenientes en relación con los espacios adecuados. Junto con la implementación de recomendaciones técnicas, este tipo de prácticas permitirán generar el proceso sucesional propuesto; de igual forma, en condiciones muy especiales y no bajo la comprobación estadística, la implementación del fuego puede romper la dormancia del banco de semillas germinable y mejorar las condiciones microclimáticas y del suelo para el establecimiento de especies en estado de latencia. Así mismo se pueden considerar especies como *Hedyosmun crenatum* y *Ocotea calophylla* en estadios más avanzados de la sucesión, con necesidad de establecerse como comunidades climáticas.



- Las características físicas, químicas y biológicas halladas en las diferentes unidades de suelo correspondientes a los levantamientos de las cuatro etapas serales propuestas y su correspondiente análisis; estas determinan la influencia de características como textura, porosidad total y pendiente en la posibilidad de restauración de áreas, haciendo necesaria la aplicación de tratamientos que modifiquen las características físicas del suelo. Igualmente se concluye que la diferenciación química de los suelos no es una variable determinante del comportamiento de la sucesión por lo que se descarta la asistencia técnica enfocada al mejoramiento químico de los mismos.
- La sucesión en la Reserva Forestal Cárpatos esta determinada por cinco etapas séricas, las que se visualizan desde una etapa inicial, pasando por dos intermedias, una madura y la etapa final que consiste en la estabilización de los procesos del bosque clímax. En este sistema se alcanza la estabilidad relativa a este tipo de ecosistemas, encontrando delimitado este proceso por seis asociaciones principales (Asociación Solano inopini - Chusquetum scandentis, Asociación Rubo floribundi - Pteridion aquilini, Asociación Hedyosmo crenati - Myrsinetum coriaceae y Asociación Weinmannio pinnatae - Miconietum theaezantis) que indicarán los patrones de vegetación que regirán durante el proceso sucesional.
- La base de la restauración de la Reserva Forestal Cárpatos esta determinada por la aplicación combinada de varios factores. Dichos factores incluyen entre otros, la identificación de las características propias de la reserva como base de la restauración asistida, la interdisciplinariedad y el compromiso institucional para armonizar el escenario tendencial de lo ambiental con el escenario social y la aplicación de técnicas de sustentación y apoyo al proceso sucesional de manera viable tanto económica como ambientalmente.



BIBLIOGRAFÍA

AIDE, T. M., 2000. "Restoration Ecology. The Journal Of The Society For Ecological Restoration". Volume 8, Number 4, December 2000. Massachusetts.

ANDRADE, G., 1993. "CARPANTA, Ecología y Conservación de un Ecosistema Altoandino". Fundación Natura Colombia. Bogotá. Colombia.

ANDRADE, G., 1996. "Biodiversidad, Conservación y Uso de los Recursos Naturales". Fescol. Bogotá. Colombia.

ARTETA, R., 1991. "Nueva Edafología". Editorial Fontamara. México D.F.. México.

BECERRA, J., 1971. "Notas de Ecología Forestal". Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá. Colombia.

BROWN, A. y A. LUGO, 1990. "Tropical Secondary Forest". Journal of Tropical Ecology.

BYER, M.D. y P.L. WEAVER, 1977. "Early Secondary Succession in an Elfin Woodland in the Luquillo Mountains of Puerto Rico". Biotropica.

BRAUN – BLANQUET J. 1979. "Fitosociología Bases para el Estudio de las Comunidades Vegetales. Editorial Blume. España.



CANCHON, A., 1995. "Recuperación Vegetal de Ecosistemas de Páramo Sobre Sustratos del Descapote de Caliza". Tesis de grado. Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Bogotá, Colombia.

CANTILLO, E., K. RODRÍGUEZ y A. AVELLA., 2004. "Caracterización Florística, Estructural, Diversidad y Ordenación de la Vegetación, en la Reserva Forestal Cárpatos, Guasca Cundinamarca". Universidad Distrital Francisco José De Caldas. Bogotá, Colombia.

CANTILLO, E., 2001. "Diversidad y Caracterización Florística y Estructural de la Vegetación en la Zona de Captación de Aguas de la Microcuenca El Tigre". Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. Colombia.

CARRIZOSA, J., 1990. "La Selva Andina", Selva y Futuro. El Sello Editorial. Bogotá, Colombia.

COLCIENCIAS., 1999. "Ciencias del Medio Ambiente y del Hábitat". Plan estratégico 1999-2004. programas nacionales de ciencia y tecnología. Bogotá, Colombia.

CORLETT, R.T., 1987. "Post-fire Succession on Mt. Wilhelm, Papua New Guinea". Biotropica.

CROAT, T.B., 1992. "Species Diversity of Araceae in Colombia: A Preliminary Survey". Annals Missouri Botanical Garden.

CUATRECASAS, J., 1958. "Aspectos de la Vegetación Natural de Colombia. Bogotá, Colombia.



ESPINEL, L. y E. MONTENEGRO., 1963. "Formaciones Vegetales de Colombia". Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Departamento Agrológico, República de Colombia. Bogotá.

EWEL, J., 1980. "Tropical Succession: Manifold Routes to Maturity". Biotropica (suplemento).

FERNÁNDEZ, A., 1978. "The Preparation of the Endangered Species List of Colombia". Segundo Congreso Iberoamericano del Medio Ambiente. Bogotá, Colombia.

FJELDSA, J. y N. KRABBE., 1990. "Birds of the Highs Andes". Copenhagen Zoological Museum. Apollo Books. Svendborg, Denmark.

FORERO, E., 1985. "Colombia", en D.G. CAMPBELL Y H.D. HAMMOND (eds). Floristic inventory of tropical countries. Newbotanica.

GENTRY, A.H., 1982. "Neotropical Floristic Diversity: Phylogeographical Connections Between Central and South America, Pleistocene Climatic Fluctuation, or an Accident of the Andean Orogeny?". Annals Missouri Botanical Garden

HAFFER, J., 1967. "Zoogeographical Notes on the Nonforest Lowland Bird Faunas of Northwestern South America". Hornero.

HOLDRIDGE, L., 1978. "Ecología Basada en Zonas de Vida". Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM., 1997. "Informe Anual de Actividades". Bogotá, Colombia.



JANZEN, D. H., 1973. "Rate of Regeneration After a tropical High Elevation Fire". Biotropica.

LAMPRECHT, H., 1990. "Silvicultura de Bosques Tropicales". Alemania.

LOPEZ, H., O. MONTENEGRO y A. CADENA. Sin publicar. "Aspectos Ecológicos de los Pequeños Mamíferos en la Reserva Biológica Carpanta, Cundinamarca." Manuscrito no publicado. Fundación Natura, Bogotá, Colombia.

LOZANO, G., 1996. "Notas Sobre biodiversidad". Instituto de ciencias naturales. Bogotá, Colombia.

MATTEUCCI, D. & COLMA. 1982. Metodología para el Estudio de la Vegetación. Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Venezuela.

MELO, O., H. MARTINEZ, y F. HUERTAS,. 1997. "Cuantificación de la Diversidad Florística y Análisis Estructural de Ecosistemas Tropicales". Ministerio del Medio Ambiente. Universidad del Tolíma. Centro Forestal Tropical Bajo Calima.

MOPT., 1992. "Guía Para la Elaboración de Estudios del Medio Físico". Ministerio de Obras Publicas y Transportes. España.

MONTENEGRO, A.L., 2000. "Estrategias de Dispersión y Regeneración por Banco de Semillas en dos Comunidades de Bosque Alto Andino, Colombia". Trabajo de Grado. Facultad de Biología. Universidad Nacional. Bogotá. Colombia.

ODUM, E. P., 1980. "Ecología". Compañía Editorial Continental. México.



SALAMANCA, B., 2000. "Protocolo Distrital de Restauración Ecológica". Convenio DAMA - Fundación Bachaqueros. Bogotá, Colombia.

SALDARRIAGA, J. G., 1994. "Recuperación de la Selva de Tierra Firme en el Alto Río Negro, Amazonia Colombiana – Venezolana". Ed. Tropenbos. Colombia.

SARMIENTO, G., 1984. "Los Ecosistemas y la Ecosfera". Editorial Blume, Ecología. Barcelona. España.

STADTMULLER, T., 1987. "Los Bosques Nublados en el Trópico Americano". Universidad de las naciones unidas. Centro agronómico de investigación y enseñanza. Turrialba, Costa Rica.

TANNER, E.V., 1982. "Especies Diversity and Reproductive Mechanisms in Jamaican trees". Biological journal of the linnean society.

TANNER, E.V., 1985. "Jamaican Montane Forest: Nutrient Capital and Cost of Growth". Journal of Ecology.

UNESCO, PNUMA, FAO., 1980. "Ecosistemas de los Bosques Tropicales". Madrid, España.

VAN DOBBEN., R.H. LOWE – McCONNELL, 1980. "Conceptos Unificadores en Ecología". Editorial Blume, Ecología. Barcelona. España.



9. ANEXOS

9.1 TABLA DE ESPECIES

Especie	Familia	Genero
<i>Ageratina tinifolia</i>	ASTERACEAE	Ageratina
<i>Munozia sp</i>	ASTERACEAE	Munozia
<i>Chusquea scandens</i>	BAMBUSEAE	Chusquea
<i>Brunelia integrifolia</i>	BRUNELLIACEAE	Brunelia
<i>Viburnum sp.</i>	CAPRIFOLIACEAE	Viburnum
<i>Hedyosmun crenatum</i>	CHLORANTHACEAE	Hedyosmun
<i>Clethra lanata</i>	CLETHRACEAE	Clethra
<i>Clusia ducu</i>	CLUSIACEAE	Clusia
<i>Weinmannia pinnata</i>	CUNONIACEAE	Weinmannia
<i>Pteridium aquilinum</i>	HIPOLEPIDACEA	Pteridium
<i>Ocotea calophylla</i>	LAURACEAE	Ocotea
<i>Axinea scutigera</i>	MELASTOMATACEA	Axinea
<i>Miconia cundinamarcensis</i>	MELASTOMATACEA	Miconia
<i>Miconia sp.</i>	MELASTOMATACEA	Miconia
<i>Miconia theaezans</i>	MELASTOMATACEA	Miconia
<i>Myrsine coriacea</i>	MYRSINACEAE	Myrsine
<i>Myrsine guianensis</i>	MYRSINACEAE	Myrsine
<i>Calamagrostis sp.</i>	POACEAE	Calamagrostis
<i>Monina sp.</i>	POLYGONACEA	Monina
<i>Rubus floribundum</i>	ROSACEAE	Rubus
<i>Dodonea viscosa</i>	SAPINSACEAE	Dodonea
<i>Cestrum mutisi</i>	SOLANACEA	Cestrum
<i>Solanum inopinum</i>	SOLANACEA	Solanum



9.2 TABLA DE FAMILIAS

1	ASTERACEAE
2	BAMBUSEAE
3	BRUNELLIACEAE
4	CAPRIFOLIACEAE
5	CHLORANTHACEAE
6	CLETHRACEAE
7	CLUSIACEAE
8	CUNONIACEAE
9	HIPOLEPIDACEA
10	LAURACEAE
11	MELASTOMATACEA
12	MYRSINACEAE
13	POACEAE
14	POLYGONACEA
15	ROSACEAE
16	SAPINSACEAE
17	SOLANACEA



9.3 TABLA RESUMEN ANALISIS DE FAMILIAS

Especie	Alianza <i>Miconia theaezans</i> - <i>Myrsine coriacea</i>			
	Abundancia	Frecuencia	Dominancia	IVI
ASTERACEAE	8.68%	35.71%	6.53%	50.92
BAMBUSEAE	0.80%	7.14%	1.60%	9.54
BRUNELLIACEAE	0.23%	7.14%	0.09%	7.46
CAPRIFOLIACEAE	2.40%	28.57%	0.59%	31.56
CHLORANTHACEAE	13.58%	57.14%	8.42%	79.14
CLETHRACEAE	1.48%	14.29%	2.21%	17.98
CUNONIACEAE	7.88%	50.00%	9.78%	67.65
LAURACEAE	1.48%	7.14%	5.62%	14.25
MELASTOMATACEA	32.19%	100.00%	28.75%	160.94
MYRSINACEAE	23.17%	71.43%	35.48%	130.08
POLYGONACEA	7.08%	21.43%	0.65%	29.15
SAPINDACEAE	0.23%	7.14%	0.02%	7.39
SOLANACEA	0.80%	21.43%	0.28%	22.50
Total	100.00%	428.57%	100.00%	628.57

Especie	Alianza <i>Rubus floribundum</i> - <i>Pteridium aquilinum</i>			
	Abundancia	Frecuencia	Dominancia	IVI
BAMBUSEAE	9.89%	33.33%	9.57%	52.8
CHLORANTHACEAE	0.35%	16.67%	0.34%	17.36
CLUSIACEAE	0.35%	16.67%	8.55%	25.57
HIPOLEPIDACEA	32.16%	83.33%	53.85%	169.33
MELASTOMATACEA	0.35%	16.67%	0.09%	17.11
POACEAE	1.06%	16.67%	1.03%	18.75
ROSACEAE	53.36%	50.00%	23.16%	126.52
SOLANACEA	2.47%	16.67%	3.42%	22.56
Total	100.00%	250.00%	100.00%	450



Especie	Asociación <i>Weinmannia pinnata</i> - <i>Miconia theaezans</i>			
	Abundancia	Frecuencia	Dominancia	IVI
ASTERACEAE	2.11%	60.00%	7.69%	69.80
BRUNELLIACEAE	0.60%	20.00%	0.17%	20.78
CAPRIFOLIACEAE	3.93%	40.00%	0.92%	44.85
CHLORANTHACEAE	0.91%	20.00%	0.36%	21.27
CLETHRACEAE	3.93%	40.00%	4.10%	48.03
CUNONIACEAE	16.92%	100.00%	16.72%	133.63
LAURACEAE	3.93%	20.00%	10.42%	34.35
MELASTOMATACEA	51.06%	100.00%	35.82%	186.88
MYRSINACEAE	15.71%	80.00%	23.68%	119.39
SAPINDACEAE	0.60%	20.00%	0.04%	20.65
SOLANACEA	0.30%	20.00%	0.09%	20.39
Total	100.00%	520.00%	100.00%	720.00

Especie	Asociación <i>Hedyosmun crenatum</i> - <i>Myrsine coriacea</i>			
	Abundancia	Frecuencia	Dominancia	IVI
ASTERACEAE	12.66%	22.22%	5.17%	40.06
BAMBUSEAE	1.28%	11.11%	3.47%	15.87
CAPRIFOLIACEAE	1.47%	22.22%	0.20%	23.89
CHLORANTHACEAE	21.28%	77.78%	17.84%	116.91
CUNONIACEAE	2.39%	22.22%	1.65%	26.26
MELASTOMATACEA	20.73%	100.00%	20.47%	141.20
MYRSINACEAE	27.71%	66.67%	49.28%	143.66
POLYGONACEA	11.38%	33.33%	1.41%	46.12
SOLANACEA	1.10%	22.22%	0.50%	23.82
Total	100.00%	377.78%	100.00%	577.78



Especie	Asociación Solanum inopinum - Chusquea scandens			
	Abundancia	Frecuencia	Dominancia	IVI
BAMBUSEAE	59.57%	100.00%	37.84%	59.57
CHLORANTHACEAE	2.13%	50.00%	1.35%	2.13
CLUSIACEAE	2.13%	50.00%	33.78%	2.13
HIPOLEPIDACEA	6.38%	50.00%	4.05%	6.38
ROSACEAE	14.89%	50.00%	9.46%	14.89
SOLANACEA	14.89%	50.00%	13.51%	14.89
Total	100.00%	350.00%	100.00%	550.00

Especie	Asociación Rubus floribundum - Pteridium aquilinum			
	Abundancia	Frecuencia	Dominancia	IVI
HIPOLEPIDACEA	37.29%	100.00%	70.71%	208.00
MELASTOMATACEA	0.42%	25.00%	0.11%	25.54
POACEAE	1.27%	25.00%	1.37%	27.64
ROSACEAE	61.02%	50.00%	27.80%	138.82
Total	100.00%	200.00%	100.00%	400.00



9.4 DATOS OBTENIDOS EN LOS MUESTREOS

ALIANZA		Alianza Miconio theaezantis - Myrcion coriaceae															
ASOCIACION		Asociación Weinmannio pinnatae - Miconietum theaezantis					Asociación Hedyosmo crenati - Myrcinetum coriaceae										
LEVANTAMIENTO		L1	L11	L9	L18	L19	L5	L16	L17	L4	L10	L15	L20	L2	L3		
SERE		4	4	3	4	4	2	2	3	2	2	2	4	3	3		
FISICAS	Porosidad Total %	65.88	65.57	71.04	65.88	69.35	67.23	67.28	70.73	76.3	67.28	68.66	65.57	68.08	50.84		
	Textura	Arena %	22	25	12	22	17	15	21	28	14	21	40	25	22	16	
		Arcilla %	24	18	19	24	20	35	23	18	16	23	8	18	26	33	
		Limo %	54	57	69	54	63	50	56	54	70	56	52	57	52	51	
		Denominacion	FL	FL	FL	FL	FL	FARL	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FL	FARL
QUIMICAS	Textura	Far	Ar	Far	Far	Far	Ar	Far	Far	Far	Far	Far	Ar	Far	Far		
	PH	4.6	4.1	4.2	4.6	4.6	4.4	4.3	3.9	4.3	4.3	4.6	4.1	4.4	4.6		
	M.O %	18.9	9	12.5	18.9	12.4	8.7	9.7	21.4	11.6	9.7	12.4	9	12.5	7.5		
	P	mg/kg	4	3	6	4	3	3	4	7	3	4	3	3	4	15	
			8	6	8	8	8	7	7	9	8	7	8	6	7	8	
	Al+h	cmol/kg	4.6	7.9	9.5	4.6	5.4	7.4	5.6	11	7	5.6	5.4	7.9	4.5	3.9	
	Sat Al	%	73.7	59.8	52.7	73.7	54.4	67.8	57.8	60.7	69.2	57.8	54.4	59.8	39	52.5	
	Cationes de Cambio	mg/kg	Al	4.4	5.5	5.4	4.4	3.4	5.8	3.6	7.4	5.4	3.6	3.4	5.5	2.1	2.4
			Ca cmol(+)/ kg	0.7	1	0.5	0.7	0.5	0.7	0.3	0.8	0.5	0.3	0.5	1	0.4	0.4
			Mg cmol(+)/ kg	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1
			K cmol(+)/ kg	0.22	0.08	0.07	0.22	0.12	0.12	0.06	0.11	0.12	0.06	0.12	0.08	0.17	0.05
			Na cmol(+)/ kg	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	C.E.	dS/m	CICE	6	9.2	10.2	6	6.3	8.6	6.2	12.2	7.8	6.2	6.3	9.2	5.4	4.6
			dS/m	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.5	0.2	0.2	0.1
	Elementos Menores	mg/kg	Fe	539	463	963	539	584	791	210	980	988	210	284	463	380	580
			Cu	1.6	1.8	1.2	1.6	1.9	3.4	1.3	2.4	2.1	1.3	1.9	1.8	1.7	1.7
			Mn	5	5	3	5	14	4	2	3	13	2	14	5	5	3
Zn			3	2.4	2.2	3	2.1	2.6	1.4	3.8	2.5	1.4	2.1	2.4	2	1.9	
B			0.2	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	
Altitud		2627	2779	2704	2798	2756	2749	2749	2784	2691	2637	2699	2734	2740	2731		
Pendiente		30	20	15	20	15	5	10	15	0	20	15	20	20	15		



ALIANZA		Alianza Rubo floribundi - Pteridion aquilini						
ASOCIACION		Asociación Solano inopini - Chusquetum scandentis		Asociación Rubo floribundi - Pteridion aquilini				
LEVANTAMIENTO		L8	L13	L6	L7	L12	L14	
SERE		3	1	1	1	1	1	
FISICAS	Porosidad Total %		68.1	65.13	67.07	68.18	51.44	67.07
	Textura	Arena %	18	35	24	19	12	14
		Arcilla %	19	14	44	20	42	30
		Limo %	63	51	54	61	46	56
		Denominacion	FL	FL	FL	FL	FL	FARL
QUIMICAS	Textura		Far	Far	Far	Far	Far	Far
	PH		4.2	4.4	4.1	4.6	4.6	4.5
	M.O %		9	5.5	13	8.4	3	4.7
	P	mg/kg	4	4	3	3	3	6
	S		8	9	9	16	6	8
	Al+h	cmol/kg	5.5	5.5	8.1	4.2	4.3	4.6
	Sat Al	%	70.9	48.2	62.8	64.8	59.5	62.8
	Al		4.4	3	5.8	3.4	3.1	5.8
	Cationes de Cambio	Ca cmol(+)/ kg	0.5	0.4	0.5	0.6	0.5	0.5
		Mg cmol(+)/ kg	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
		K cmol(+)/ kg	0.06	0.14	0.38	0.07	0.1	0.39
		Na cmol(+)/ kg	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1
	CICE		6.2	6.2	9.2	5.3	5.2	6.3
	C.E.	dS/m	0.2	0.2	0.3	0.1	0.1	0.4
	Elementos Menores	Fe mg/kg	960	550	870	280	176	830
		Cu mg/kg	1.6	2	2.7	2.7	1.9	2.8
		Mn mg/kg	5	5	3	5	2	3
Zn mg/kg		2.3	1.9	3.8	1.6	1.5	2.1	
B mg/kg		0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	
Altitud		2688	2754	2719	2709	2621	2655	
Pendiente		5	5	10	5	5	5	



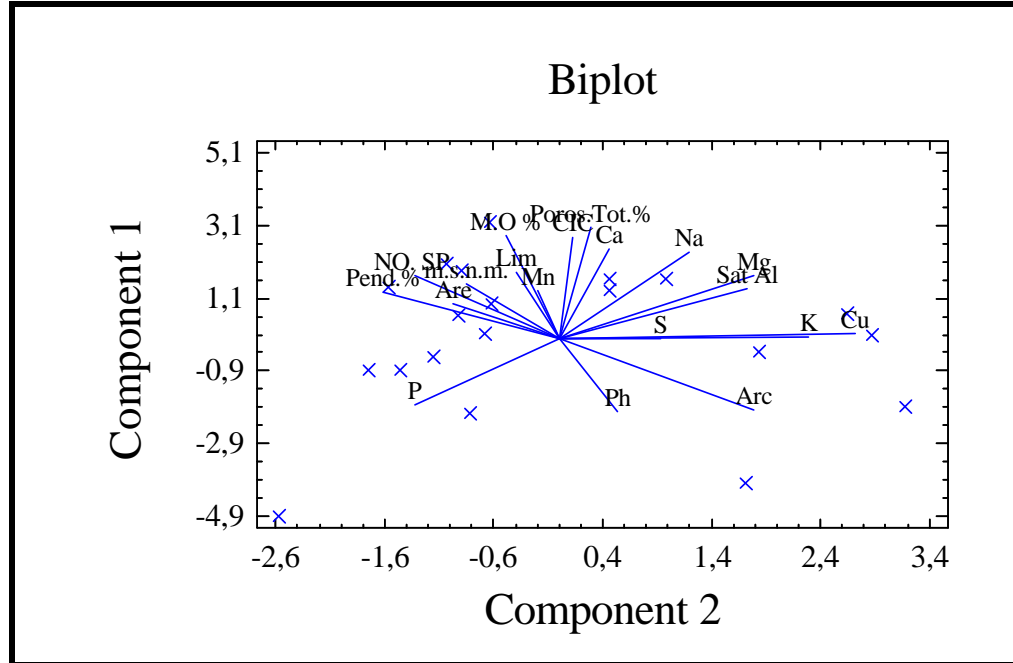
9.5 Datos Clases Diamétricas

Clases Diamétricas Por Sturges		
<i>Item</i>	Alianza Miconia theaezans - Myrsine coriacea	Alianza Rubus floribundum - Pteridium aquilinum
Numero de Clases	10.80	9.17
Numero de Datos	876	283
Diametro Menor	0.1	0.5
Diametro Maximo	9	9
No Clases Aproximado	11	9
Rango	8.9	8.5
Amplitud	0.81	0.94

Clases Diamétricas Por Sturges				
<i>Item</i>	Asociación Weinmannia pinnata - Miconia theaezans	Asociación Hedyosmun crenatum - Myrsine coriacea	Asociación Solanum inopinum - Chusquea scandens	Asociación Rubus floribundum - Pteridium aquilinum
Numero de Clases	9.40	10.12	6.57	8.91
Numero de Datos	331	545	47	236
Diámetro Menor	0.5	0.1	1	0.5
Diámetro Máximo	7	9	5	9
No Clases Aproximado	9	10	7	9
Rango	6.5	8.9	4	8.5
Amplitud	0.72	0.89	0.57	0.94



9.6 DIAGRAMA DE SORENSEN (DISTANCIAS / VARIABLES) "Biplot"



9.7 ANEXO FOTOGRAFICO



Parcelas de modelamiento sincrónico, identificadas, demarcadas y analizadas en el modelo tendencial hipotético de sucesión, próximas a muestrear y analizar en su composición florística, y características fisionómicas y ambientales.



Toma de datos para la obtención del volumen para tratamientos.



Toma de datos dasométricos para el modelamiento sincrónico de etapas serales.



Construcción y demarcación de Parcelas



9.9 SÍNTESIS FLORÍSTICO ESTRUCTURAL DEL SEGUIMIENTO SUCESIONAL Y COMPARACION CON OTRAS COMUNIDADES



9.10 CRONOGRAMA GENERAL DE ACTIVIDADES



9.11 PERFILES DE VEGETACION