

CARACTERIZACIÓN SUCESIONAL PARA LA RESTAURACIÓN DE LA RESERVA FORESTAL CÁRPATOS, GUASCA, CUNDINAMARCA

Successional study for the restoration at Cárpato forest reserve in Guasca, Cundinamarca

Palabras clave: restauración ecológica, estructura, vegetación, bosque andino, Reserva Forestal Cárpato.

Keywords: ecological restoration, structure, vegetation, Andes forest, Cárpato Forest Reserve.

Edgard Ernesto Cantillo Higuera¹

Alberto Lozada Silva²

Julián Pinzón González³

RESUMEN

Con base en la caracterización florística y estructural se analizaron cuatro etapas del proceso de sucesión secundaria, dentro de una matriz de vegetación que había sido objeto de perturbación (185 ha) en la Reserva Forestal Cárpato, localizada en las estribaciones de la cordillera Oriental, entre 2600 y 3000 msnm, con el objeto de contribuir a la preparación de un protocolo de restauración. En las zonas planas y húmedas se desarrolla una vegetación representada por un herbazal con *Rubus floribundum* y *Pteridium aquilinum*, con altura promedio de 0.7 m, caracterizada por *Pteridium aquilinum* con 1638 individuos promedio por 0.1 ha y un total de cuatro especies con igual número de géneros y familias, y un matorral-chuscal con *Solanum inopinum* y *Chusquea scandens*, con altura menor a 3 m, dominada por *Chusquea scandens* con un promedio estimado de 638 individuos por 0.1 ha y un total de cuatro especies e igual número de géneros y familias. En zonas de mayor pendiente y menor humedad se establece la vegetación más estructurada, que corresponde a bosques en recuperación dominados por *Miconia theaezans* y *Myrsine coriacea*, que incluye dos tipos de vegetación:

una dominada por *Hedyosmum crenatum* y *Myrsine coriacea*, con un estrato arbustivo con altura menor a 5 m con *Myrsine coriacea* como especie más importante, un promedio estimado de 1742 individuos por 0.1 ha y un total de 18 especies, 16 géneros y 13 familias, y otra dominada por *Weinmannia pinnata* y *Miconia theaezans*, representada por *Myrsine coriacea*, *Miconia theaezans* y *Weinmannia pinnata* como especies importantes, un promedio estimado de 1833 individuos por 0.1 ha y un total de 14 especies, 12 géneros y 11 familias. Las especies *Myrsine coriacea*, *Miconia theaezans*, *Hedyosmum crenatum* y *Weinmannia pinnata* se consideran como apropiadas para iniciar protocolos silviculturales de reproducción, adaptación y establecimiento. Los análisis de ordenación permiten suponer que existe correlación entre el mayor contenido de arcilla y las comunidades de estados iniciales de la sucesión secundaria, mientras que en las etapas inferiores son mayores los valores en contenido de arena, capacidad de intercambio catiónico (CIC), materia orgánica y pendiente.

ABSTRACT

Based on floristic and structural characterization, four stages of secondary succession were analyzed

¹ Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Proyecto Curricular de Ingeniería Forestal. Correspondencia: ecantillo@udsitrital.edu.co

² Universidad Distrital Francisco José de Caldas. alozada@ingenian.com

³ Universidad Distrital Francisco José de Caldas. juliandavidpinzon@yahoo.es

within a matrix of vegetation that had been disrupted (185 ha) at Cárpatos Forest Reserve. This reserve is located in the foothills of Colombian's Eastern Mountain Range (Cordillera Oriental), among 2600 and 3000 meters above sea level, and it is aimed at making a contribution to prepare a restoration protocol. In flat, wet areas, vegetation represented by grassland with *Rubus floribundum* y *Pteridium aquilinum*, grows up to 0.7 m height on average. It is characterized by *Pteridium aquilinum*, which holds an average of 1638 individuals per 0.1 ha and a total of four species with the same number of genera and families. Bushes of *Solanum inopinum* and *Chusquea scandens*, less than 3 m height, were dominated by *Chusquea scandens*, with an estimated average of 638 individuals per 0.1 ha and a total of four species and the same number of genera and families. In areas of steeper slopes and lower humidity more structured vegetation grows. These forests in recovery dominated by *Miconia theaezans* y *Myrsine coriacea*, which contains two types of vegetation: *Hedyosmum crenatum* y *Myrsine coriacea*, which are dominated by a shrub layer no taller than 5 m, with *Myrsine coriacea* as its most important species, and an estimated average of 1742 individuals per 0.1 ha and a total of 18 species, 16 genera and 13 families, and *Weinmannia pinnata* y *Miconia theaezans*, represented by *Myrsine coriacea*, *Miconia theaezans* and *Weinmannia pinnata* as important species, which held an estimated average of 1833 individuals per 0.1 ha and a total of 14 species, 12 genera and 11 families. *Myrsine coriacea*, *Miconia theaezans*, *Weinmannia pinnata* and *Hedyosmum crenatum* are regarded as the most suitable to start reproductive, adaptive and developing silvicultural protocols. Management analysis suggests that there is a correlation between higher clay content and the secondary-succession initial-state communities, while in previous stages the values are higher in terms of sand content, cation exchange capacity, organic matter and slope.

INTRODUCCIÓN

La vegetación de las cordilleras de Colombia ha sido sometida a una gran presión de transformación debido a la expansión de la frontera agrícola y ganadera; a pesar de esta situación, aún quedan

en nuestro país un millón de ha de selva andina, que representan el 0.88% del territorio nacional, muchas de las cuales están constituidas por áreas muy intervenidas. Se estima que 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, entre otros, el congelamiento (Byer y Weaver 1977), la poca producción de semillas y su baja dispersión (Ewel 1980) y la baja tasa de transpiración debido a la atmósfera saturada que inhibe el crecimiento y las intensidades de luz (Corlett 1987). Según Ewel (1980), los bosques situados en el límite superior en las montañas tropicales, o por encima de éste, son los ecosistemas más frágiles y con menos resistencia en los trópicos húmedos. La restauración ecológica, de acuerdo con SER (2004), es el proceso asistido de recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. Aronson *et al.* (1993) sugieren dos tipos de restauración: una basada en dedicar todos los esfuerzos al reensamble de un ecosistema históricamente definido, con un cierto conjunto de especies, llamada *sensu stricto*, y otra basada en una detención de la degradación con la consecuente redirección del ecosistema disturbado hacia un sistema comparable con el original, es decir que las acciones prevén una subsecuente recuperación natural (procesos formadores del suelo, sucesión de la vegetación), llamada *sensu lato*. La restauración ecológica no debe confundirse con la rehabilitación, definida esta última por Aronson *et al.* (1993) como la recuperación de las funciones del ecosistema que permiten aumentar la productividad para beneficio del hombre. Las experiencias de restauración y rehabilitación con especies nativas en los trópicos son relativamente escasas (Groenendijk 2005). Aunque la plantación de especies se realiza en una sola acción, Knowles & Parrotta (1995) propusieron el método de plantación escalonada referida a la plantación de especies tolerantes a la exposición en una primera fase y, luego de establecerse una cobertura, la plantación es enriquecida con especies tolerantes a la sombra. Pero estas prácticas no tienen en cuenta aspectos importantes de la vegetación original, tales como la identificación de co-

comunidades en diferentes estados de desarrollo o la determinación de la abundancia y frecuencia de las especies tolerantes en cada comunidad. El modelo de restauración ecológica a emplearse depende del estado sucesional y de las características fisionómico-estructurales de la vegetación presente. En razón a estas consideraciones, se plantean ciertas metodologías y estrategias que permitan restablecer los factores medio ambientales como el suelo, el clima y la vegetación a una condición lo más cercana posible a la presentada antes del disturbio. Son escasos los estudios relacionados con la descripción de comunidades de la sucesión secundaria. Se destacan las contribuciones de Cortés *et al.* (1999), quienes identificaron patrones a partir de la diferenciación de comunidades en los cerros occidentales de Chía, Cundinamarca, relacionando la sucesión natural con las características del suelo y la influencia antrópica, y de Bello y Katib (1995), quienes definieron cinco etapas sucesionales de la vegetación subandina en Santa Rosa de Cabal, Risaralda, identificando cambios estructurales en la medida en que avanza la sucesión. En nuestro estudio se propone una aproximación metodológica para identificar las etapas sucesionales que se desarrollan de manera sincrónica en la reserva, permitiendo con ello reactivar la regeneración natural sobre áreas cubiertas por especies de Poaceae y otras especies agresivas, a partir de la implementación de acciones silviculturales tendientes a la restauración de la vegetación. Se toman como base los avances en el conocimiento de la vegetación en la Reserva Forestal Cárpatos obtenidos por Cantillo *et al.* (2005). La identificación de etapas del proceso de sucesión natural en el área de influencia de la reserva permitirá estimular la revegetalización natural con una cubierta densa y el establecimiento de nuevos individuos hacia etapas sucesionales más avanzadas.

METODOLOGÍA

La Reserva Forestal Cárpatos, que hace parte del bosque andino, está localizada en el costado noroccidental de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio en el municipio de Guasca, Cundinamarca, a 97 km de Bogotá, en la vereda Concepción, cerca del sitio denominado

Potreritos, ubicado en el extremo oriental del municipio, en el límite sur del municipio de Guatavita y al occidente de municipio de Junín. Se encuentra entre los 2600 y 3000 msnm y se localiza geográficamente en las coordenadas 4° 47' N, 73° 40' O; su topografía es montañosa, como corresponde a la cordillera oriental, y se destacan como accidentes orográficos los cerros de Los Robles. Por su ubicación, la estación Potreritos es la que mejor tipifica la precipitación en la reserva. La precipitación promedio anual es de 1714.3 mm y la media mensual es de 142.9 mm. El régimen pluviométrico es unimodal-biestacional, concentrándose las mayores lluvias entre abril y agosto. El periodo seco se presenta entre septiembre y marzo, siendo enero el mes más seco con 47 mm de precipitación. Sus tierras son bañadas por los ríos Guavio y Sueva, entre otros. En general, los suelos son jóvenes con influencia de ceniza volcánica en sus primeros horizontes. El relieve ondulado 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).

La siguiente fue la metodología seguida para el modelamiento sucesional, esquematizado en la Figura 1, como parte de la propuesta metodológica para la identificación de acciones para la restauración de la Reserva Forestal Cárpatos.

Fase de preparación. Se analizó la información sobre cartografía básica y temática, suelos, clima, vegetación, y se seleccionaron las áreas de muestreo para etapas sucesionales y para tratamientos de regeneración, dentro de la matriz básica de vegetación que había sido objeto de perturbación (185 ha).

Fase de campo. Para la caracterización de etapas sucesionales de manera sincrónica, se diferenciaron cuatro estados, de acuerdo con el desarrollo de la vegetación presente en los parches (Tabla 1) y se establecieron en diferentes puntos de la reserva 20 parcelas de 6 m x 6 m, cinco por cada etapa, para

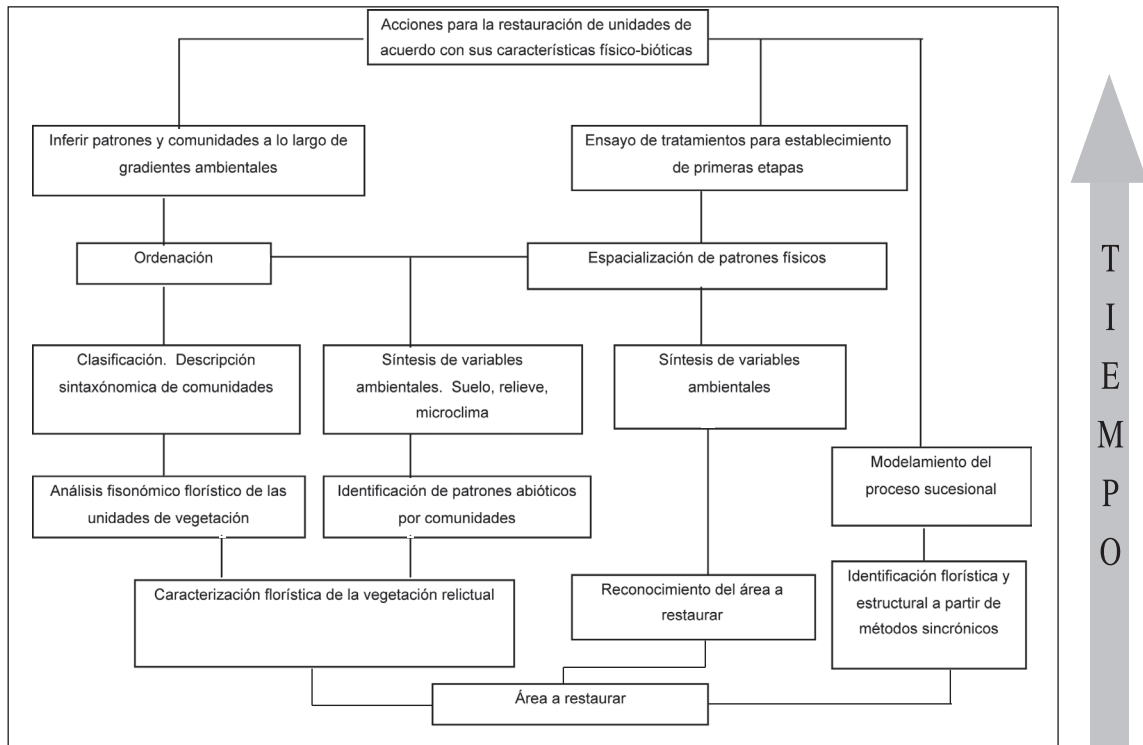


Figura 1. Propuesta metodológica para la identificación de acciones para la restauración de la Reserva Forestal Cárpatos.

un total de 720 m² de área muestreada (Tabla 2). Se tomaron datos de altura total y diámetro de cada uno de los individuos (brinzales, latizales o latizales establecidos) y una muestra para identificación botánica. Se registraron lecturas secuenciales de la humedad relativa y temperatura media para cada una de las parcelas utilizando un termohigrómetro. Se calculó para cada parcela el grado de inclinación (pendiente) utilizando para ello un nivel Abney. Se tomó una muestra de suelo por cada una de las parcelas para analizar propiedades físicas, como la textura y la porosidad total, y químicas, como pH, cationes de cambio (Ca, Mg, K, Na), saturaciones (ST, Sca, SMg, SK, Al), CIC, materia orgánica y elementos menores (hierro, cobre, manganeso, zinc, boro, fósforo y azufre).

Sistematización y análisis. En la clasificación de la vegetación se utilizó el programa TWINSpan del paquete PC-ORD (versión 3.17). A partir de las agrupaciones construidas se realizó la tabla de fide-

dad regional utilizando la propuesta de Szafer y Pawlowsky (Braun-Blanquet 1979) para cada comunidad; las tablas “brutas” fueron posteriormente manipuladas. La caracterización fisionómico-estructural para cada unidad de vegetación se basó en el cálculo de abundancia, frecuencia, área basal, IVI e IPF, este último simplificado (abundancia y área basal) debido a la dificultad para calcular la cobertura en individuos menores de 10 cm de diámetro. Para la riqueza y diversidad se calculó el IVI para familias y los índices de Menhinick, Margalef, cociente de mezcla de Holdridge, Shannon y Weaver, y Simpson y Berger-Parker. La ordenación de la vegetación se realizó mediante el programa estadístico STATGRAPHICS PLUS (Windows 4.0), utilizando el análisis multivariado de componentes principales (PCA) y de factores, y como variables se utilizaron el número de individuos, número de especies, la pendiente y las propiedades químicas y físicas del suelo.

Tabla 1. Etapas sucesionales iniciales de la vegetación en la Reserva Forestal Cárpatos.

Etapas	Pendiente (%)	Descripción
1	0-15	Etapas inicial, presencia de especies pioneras, alta homogeneidad.
2	0-20	Etapas intermedia, especies pioneras y propágulos de hemisciófitas, alta homogeneidad.
3	10-30	Etapas avanzada, mosaico de especies pioneras, dinamogenéticas, precursoras y propágulos de esciófitas, alta heterogeneidad.
4	Mayor a 25	Etapas avanzada, especies dinamogenéticas y propágulos de esciófitas.

Tabla 2. Ubicación y características generales de las parcelas en la Reserva Forestal Cárpatos.

Parcela	Coordenadas		Altitud (m)	Temperatura promedio (°C) *	Humedad relativa promedio (%)*	Etapas sucesional
	N	W				
L1	4°49.117	73°46.127	2627	12.3	93	4
L2	4°46.125	73°46.125	2740	12.2	93	4
L3	4°48.846	73°46.105	2731	12.3	95	3
L4	4°48.995	73°46.065	2691	12	95	4
L5	4°48.732	73°45.685	2749	12	96	4
L6	4°48.807	73°45.683	2719	12.5	94	2
L7	4°48.867	73°45.795	2709	13	93	2
L8	4°48.987	73°45.944	2688	12.9	93	3
L9	4°48.922	73°45.914	2704	12.5	92	2
L10	4°49.143	73°45.953	2637	12	90	2
L11	4°48.658	73°45.698	2779	12.8	96	2
L12	4°49.188	73°46.010	2621	12.1	94	4
L13	4°48.780	73°46.085	2754	12.4	92	3
L14	4°47.653	73°46.234	2655	12.7	93	3
L15	4°48.976	73°46.008	2699	12.6	92	3
L16	4°48.299	73°45.547	2749	12.5	90	1
L17	4°48.613	73°45.667	2784	12.9	91	1
L18	4°49.034	73°45.667	2798	12.7	90	1
L19	4°47.325	73°47.342	2756	13	92	1
L20	4°47.329	73°46.179	2734	13.1	91	1

* Tomada a ras de suelo.

RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA

El análisis de la composición florística permitió diferenciar un grupo de bosques en recuperación con dos tipos de vegetación, además de un herbazal y un matorral-chuscal independientes (Tabla 3).

Tabla 3. Tabla fitosociológica para cuatro etapas sucesionales en la Reserva Forestal Cárpatos.

Caracterización florística	Bosques en recuperación dominados por <i>Miconia theaezans</i> y <i>Myrsine coriacea</i>															Herbazal con <i>Rubus floribundum</i> y <i>Pteridium aquilinum</i>				Matorral-chuscal con <i>Solanum inopinum</i> y <i>Chusquea scandens</i>
	Vegetación dominada por <i>Weinmannia pinnata</i> y <i>Miconia theaezans</i>					Vegetación dominada por <i>Hedyosmum crenatum</i> y <i>Myrsine coriacea</i>										L6	L7	L12	L14	L8
LEVANTAMIENTO	L1	L11	L9	L18	L19	L5	L16	L17	L4	L10	L15	L20	L2	L3						
Área del levantamiento (m ²)	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Número de especies	7	5	6	6	6	7	4	5	3	6	3	5	5	5	2	3	2	1		6
IPF SIMPLIFICADO REL. (%)																				
Especies características de los bosques en recuperación dominados por <i>Miconia theaezans</i> y <i>Myrsine coriacea</i>																				
<i>Miconia</i> sp.	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											
<i>Myrsine coriacea</i>	23.4	3.1	35.9	14.7	21.9					56.5	72.7	38.6	47.8	18.8	85.7					
Especies características de la vegetación dominada por <i>Weinmannia pinnata</i> y <i>Miconia theaezans</i>																				
<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</i> sp.	4.4	6.4				0.6			4.7											
Especies características de la vegetación dominada por <i>Hedyosmum crenatum</i> y <i>Myrsine coriacea</i>																				
<i>Hedyosmum crenatum</i>				3.5		46.6	57.5	13.0		5.2	26.5	16.5	48.7							3.2
<i>Monina</i> sp.						24.5	13.6	6.8												
<i>Axinaea scutigera</i>		34.9				1.7						8.5								
Especies características del herbazal con <i>Rubus floribundum</i> y <i>Pteridium aquilinum</i>																				
<i>Pteridium aquilinum</i>																26.2	76.3	90.6	100.0	
<i>Rubus floribundum</i>																73.8	22.5			
Especies características del matorral-chuscal con <i>Solanum inopinum</i> y <i>Chusquea scandens</i>																				
<i>Chusquea scandens</i>														24.1						44.4
<i>Solanum inopinum</i>														4.0	2.9					25.2
<i>Clusia ducu</i>																				27.2
Otras especies presentes																				
<i>Miconia cundinamaricensis</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</i> sp.																9.4				

Herbazal con *Rubus floribundum* y *Pteridium aquilinum*

Composición florística

Las especies dominantes son *Rubus floribundum* y *Pteridium aquilinum*.

Fisionomía y estructura

Helechal, rastrojal (menor a 1.5 m) dominado por *Pteridium aquilinum* con 71% de cobertura y *Ru-*

bus floribundum con 28%. La altura promedio es de 0.7 m, con *Pteridium aquilinum* con mayor IVI (53%) por su alta dominancia (71%) y mayor frecuencia (83%), seguida de *Rubus floribundum* con un IVI de 38%, pero con mayor abundancia (61%, Tabla 4). Contiene un promedio estimado de 1638 individuos por 0.1 ha y un total de cuatro especies con igual número de géneros y familias.

Tabla 4. Valores estructurales en el herbazal con *Rubus floribundum* y *Pteridium aquilinum*.

Herbazal con <i>Rubus floribundum</i> y <i>Pteridium aquilinum</i>					
Nombre científico	Abundancia %	Frecuencia %	Dominancia %	IVI	IVI %
<i>Pteridium aquilinum</i>	37.29	50.00	70.71	158.00	52.67
<i>Rubus floribundum</i>	61.02	25.00	27.80	113.82	37.94
<i>Calamagrostis</i> sp.	1.27	12.50	1.37	15.14	5.05
<i>Miconia</i> sp.	0.42	12.50	0.11	13.04	4.35
	100	100	100	300	100

Ecología

Está presente en zonas relativamente planas, sobre suelos francoarcillosos extremadamente ácidos (pH menor de 4.5) con bajo contenido de materia orgánica y bajo contenido de fósforo. Estas especies son colonizadoras de zonas alteradas y tasas de producción de biomasa aérea e hipogea elevadas, reproducción vegetativa y alto potencial de reproducción con altas tasas de regeneración natural y crecimiento. 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 éstas es inferior al que presentan especies como *Pteridium aquilinum*, *Rubus floribundum* y *Pennisetum clandestinum*, por lo que terminan cubriéndolas y causándoles la 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 lenta puesto que no son generadoras de cambios en

la dinámica priseral del sistema. El carácter dinamogenético 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.

Matorral-chuscal con *Solanum inopinum* y *Chusquea scandens*

Composición florística

Las especies dominantes de la vegetación son *Chusquea scandens*, *Solanum inopinum* y *Clusia ducu*.

Fisionomía y estructura

Matorral caracterizado por un estrato arbustivo con altura menor a 3 m, dominado por *Clusia ducu* con 50%. Aunque *Chusquea scandens* muestra una dominancia menor con 28%, es la especie de mayor IVI (38%) por su mayor abundancia (61%), seguida de *Clusia ducu* con 26% (Tabla 5). Contiene un promedio estimado de 638 individuos por 0.1 ha y un total de cuatro especies, cuatro géneros y cuatro familias.

Tabla 5. Valores estructurales en matorral-chuscal con *Solanum inopinum* y *Chusquea scandens*.

Matorral-chuscal con <i>Solanum inopinum</i> y <i>Chusquea scandens</i>					
Nombre científico	Abundancia %	Frecuencia %	Dominancia %	IVI	IVI %
<i>Chusquea scandens</i>	60.87	25.00	28.00	113.87	37.96
<i>Clusia ducu</i>	4.35	25.00	50.00	79.35	26.45
<i>Solanum inopinum</i>	30.43	25.00	20.00	75.43	25.14
<i>Hedyosmun crenatum</i>	4.35	25.00	2.00	31.35	10.45
TOTAL	100	100	100	300	100

Ecología

Está presente en zonas planas y húmedas sobre suelos francoarcillosos extremadamente ácidos (pH de 4.2), con bajo contenido de materia orgánica y bajo contenido de fósforo. Se identifican especies de rápido crecimiento y gran distribución geográfica. *Chusquea scandens* forma una densa capa de vegetación que tiende a detener el desarrollo de otras especies; su presencia en los bordes del bosque maduro se convierte en un tensionante ya que limita la expansión del bosque, generando así una barrera para los dispersores de semillas. *Solanum inopinum* presenta un perfil más discreto en cuanto al tamaño de su población, que es mucho más reducida que la de *Chusquea scandens*, crece y se desarrolla de forma gregaria y es en una pionera capaz de germinar y establecerse sobre áreas cubiertas por poaceas, al igual que *Rubus floribundum* y *Pteridium aquilinum*.

Es una de las especies de mayor adaptabilidad gregaria ya que se moviliza de forma masiva, por tanto es muy difícil encontrar individuos aislados. 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 comparan con las de otras pioneras encontradas en la reserva. Crece sobre suelos con bajos contenidos de materia orgánica. Otras

especies que se encuentran presentes en esta asociación, de donde se sacan indicios serios sobre la dinámica interna del ecosistema, son *Clusia ducu* y *Hedyosmun crenatum*, pertenecientes a seres intermedias. Se establecen cerca al borde del bosque, donde comparten su espacio con *Chusquea scandens*. Esta comunidad 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.

Bosques en recuperación dominados por *Miconia theaezans* y *Myrsine coriacea*

Levantamiento tipo: L5

Composición florística

Las especies dominantes son *Miconia theaezans* y *Myrsine coriacea*.

Fisionomía y estructura

Vegetación dominada por un estrato arbustivo con altura menor a 5 m. La especie dominante fue *Myrsine coriacea*, al presentar un área basal relativa de 37%, abundancia de 29% y el mayor IVI, con 27%. Le siguen en importancia *Miconia theaezans*, con 16% de IVI, y *Hedyosmun crenatum*, con 11% (Tabla 6). Contiene un promedio estimado de 1742 individuos por 0.1 ha y un total de 18 especies, 16 géneros y 13 familias.

Tabla 6. Valores estructurales en bosques en recuperación dominados por *Miconia theaezans* y *Myrsine coriacea*.

Bosques en recuperación dominados por <i>Miconia theaezans</i> y <i>Myrsine coriacea</i>					
Nombre científico	Abundancia%	Frecuencia %	Dominancia %	IVI	IVI %
<i>Myrsine coriacea</i>	29.45	15.28	37.36	82.09	27.36
<i>Miconia theaezans</i>	19.98	13.89	14.91	48.78	16.26
<i>Hedyosmun crenatum</i>	13.58	11.11	8.42	33.11	11.04
<i>Miconia</i> sp.	9.36	16.67	5.63	31.66	10.55
<i>Weinmannia pinnata</i>	7.88	9.72	9.78	27.37	9.12
<i>Axinaea scutigera</i>	2.05	4.17	6.48	12.70	4.23
<i>Monina</i> sp.	7.08	4.17	0.65	11.89	3.96
<i>Ageratina tinifolia</i>	0.80	4.17	4.14	9.11	3.04
<i>Viburnum</i> sp.	2.40	5.56	0.59	8.54	2.85
<i>Ocotea calophylla</i>	1.48	1.39	5.62	8.49	2.83

Continúa

Nombre científico	Abundancia%	Frecuencia %	Dominancia %	IVI	IVI %
<i>Clethra lanata</i>	1.48	2.78	2.21	6.47	2.16
<i>Miconia cundinamarzensis</i>	0.80	1.39	1.73	3.92	1.31
<i>Chusquea scandens</i>	0.80	1.39	1.60	3.79	1.26
<i>Solanum inopinum</i>	0.80	2.78	0.23	3.69	1.23
<i>Myrsine guianensis</i>	1.60	1.39	0.50	3.48	1.16
<i>Brunelia integrifolia</i>	0.23	1.39	0.09	1.71	0.57
<i>Dodonea viscosa</i>	0.23	1.39	0.02	1.64	0.55
<i>Cestrum mutisi</i>	0.11	1.39	0.05	1.55	0.52
TOTAL	100	100	100	300	100

Ecología

Se localiza entre 2627m y 2784 msnm, en suelos con pendientes moderadas, extremadamente ácidos, pobres en materia orgánica y bajos en fósforo. En esta alianza se evidencian los cambios estructurales de la vegetación que se ha ido estableciendo en zonas que poseen mejores características; 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 las relaciones no son ya de competencia única sino de ayuda y cooperación biológica. 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.

Vegetación dominada por *Weinmannia pinnata* y *Miconia theaezans*

Composición florística

Las especies más comunes de la vegetación son *Weinmannia pinnata*, *Ageratina tinifolia*, *Ocotea calophylla* y *Viburnum* sp.

Fisionomía y estructura

Vegetación con un estrato arbustivo con altura menor a 5m dominada por *Myrsine coriacea* con 23%, *Miconia theaezans* con 22% y *Weinmannia pinnata* con 17%. *Miconia theaezans* contiene el mayor IVI (25%) por su mayor abundancia (40%), seguida de *Weinmannia pinnata* con 17% y *Myrsine coriacea* con 16% (Tabla 7). Contiene un promedio estimado de 1833 individuos por 0.1 ha y un total de 14 especies, 12 géneros y 11 familias (Tabla7).

Tabla 7. Valores estructurales en la vegetación dominada por *Weinmannia pinnata* y *Miconia theaezans*.

Vegetación dominada por <i>Weinmannia pinnata</i> y <i>Miconia theaezans</i>					
Nombre científico	Abundancia %	Frecuencia %	Dominancia %	IVI	IVI %
<i>Miconia theaezans</i>	40.18	13.33	21.92	75.44	25.15
<i>Weinmannia pinnata</i>	16.92	16.67	16.72	50.30	16.77
<i>Myrsine coriacea</i>	11.48	13.33	22.76	47.57	15.86
<i>Miconia</i> sp.	7.85	10.00	2.63	20.48	6.83
<i>Ageratina tinifolia</i>	2.11	10.00	7.69	19.80	6.60
<i>Ocotea calophylla</i>	3.93	3.33	10.42	17.68	5.89
<i>Axinaea scutigera</i>	3.02	3.33	11.27	17.63	5.88

Continúa

Nombre científico	Abundancia %	Frecuencia %	Dominancia %	IVI	IVI %
<i>Clethra lanata</i>	3.93	6.67	4.10	14.69	4.90
<i>Viburnum</i> sp.	3.93	6.67	0.92	11.51	3.84
<i>Myrsine guianensis</i>	4.23	3.33	0.92	8.48	2.83
<i>Hedyosmum crenatum</i>	0.91	3.33	0.36	4.60	1.53
<i>Brunelia integrifolia</i>	0.60	3.33	0.17	4.11	1.37
<i>Dodonea viscosa</i>	0.60	3.33	0.04	3.98	1.33
<i>Cestrum mutisi</i>	0.30	3.33	0.09	3.72	1.24
TOTAL	100	100	100	300	100

Ecología

Se localiza entre 2627m y 2798 msnm. Está presente en zonas relativamente inclinadas sobre suelos francoarcillosos, extremadamente ácidos, con bajo contenido de materia orgánica y bajo contenido de fósforo. Las especies leñosas de esta asociación muestran una mejor adaptación a las condiciones ambientales con altas posibilidades de mantenerse en el tiempo, generando opciones más concretas de dispersión de propágulos. Estas son características de etapas intermedias de desarrollo del bosque, al ser sus gremios ecológicos menos selectivos, encontrándose tanto en bosques maduros como en zonas en desarrollo. *Weinmannia pinnata* es dominante en bosque maduro en la asociación *Ocoteo calophyllae* - *Weinmannietum pinnatae* (Cantillo et al. 2005). *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, haciéndolo más favorable para especies como *Weinmannia pinnata*.

Vegetación dominada por *Hedyosmum crenatum* y *Myrsine coriacea*

Levantamiento tipo: L5

Composición florística

Las especies más comunes de la vegetación son *Hedyosmum crenatum*, *Monina* sp. y *Axinea scutigera*.

Fisionomía y estructura

Vegetación con un estrato arbustivo con altura menor a 5m, dominada por *Myrsine coriacea* con 55% y *Hedyosmum crenatum* con 22%. El mayor IVI fue el de *Myrsine coriacea* con 37%, que también registra la mayor abundancia con 40%; le siguen *Hedyosmum crenatum* y *Miconia* sp. con 19% y 14% respectivamente (Tabla 8). Contiene un promedio estimado de 1694 individuos por 01 ha y un total de 11 especies, 10 géneros y 9 familias.

Tabla 8. Valores estructurales en la vegetación dominada por *Hedyosmum crenatum* y *Myrsine coriacea*.

Vegetación dominada por <i>Hedyosmum crenatum</i> y <i>Myrsine coriacea</i>					
Nombre científico	Abundancia %	Frecuencia %	Dominancia %	IVI	IVI %
<i>Myrsine coriacea</i>	40.37	16.67	54.46	111.49	37.16
<i>Hedyosmum crenatum</i>	21.28	16.67	17.84	55.80	18.60
<i>Miconia</i> sp.	10.28	21.43	9.15	40.85	13.62
<i>Miconia theaezans</i>	7.71	14.29	6.70	28.69	9.56
<i>Monina</i> sp.	11.38	7.14	1.41	19.92	6.64
<i>Weinmannia pinnata</i>	2.39	4.76	1.65	8.80	2.93
<i>Miconia cundinamarcensis</i>	1.28	2.38	3.75	7.41	2.47
<i>Chusquea scandens</i>	1.28	2.38	3.47	7.14	2.38
<i>Axinaea scutigera</i>	1.47	4.76	0.87	7.10	2.37

Continúa

Vegetación dominada por <i>Hedyosmun crenatum</i> y <i>Myrsine coriacea</i>					
Nombre científico	Abundancia %	Frecuencia %	Dominancia %	IVI	IVI %
<i>Viburnum</i> sp.	1.47	4.76	0.20	6.43	2.14
<i>Solanum inopinum</i>	1.10	4.76	0.50	6.36	2.12
TOTAL	100	100	100	300	100

Ecología

Se localiza entre 2637 y 2784 msnm, en zonas relativamente inclinadas, sobre suelos predominantemente francoarcillosos, extremadamente ácidos con pH entre 3.9 y 4.6, con contenido de materia orgánica de bajo a medio y contenido bajo de fósforo. Tiene un número mayor de especies y una presencia de especies hemisciófitas parciales representativas del bosque maduro. Esta asociación se caracteriza 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, al ser ambas especies competidoras entre sí. *Hedyosmun crenatum* posee la habilidad natural de producir grandes volúmenes de semillas, aunque sean de reducido tamaño, que puede ser una ventaja pero a su vez una deficiencia adaptativa. Cuando compete con otras especies, aunque posee el banco semillero necesario, el medio no le otorga las condiciones requeridas 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 esta especie las semillas

quedan sepultadas y latentes en los colchones de hojarasca que produce. De igual forma se establece la especie *Myrsine coriacea*, distribuida de forma amplia en tres de las cuatro etapas serales analizadas. Esta especie presenta mayor influencia en las etapas tardías (tres y cuatro), lo que demuestra su capacidad de adaptación a características particularmente edáficas e indica su potencial como especie dinamogenética. La complejidad de los ciclos que se dan al interior de esta asociación se refleja 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 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.

Ordenación

El análisis de componentes principales (PCA) para el ordenamiento de los levantamientos (Figura 2, Tabla 9) define la agrupación de las tres asociaciones en sucesión de la reserva.

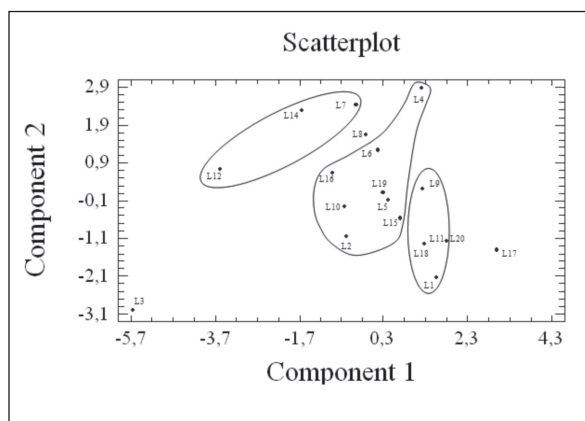


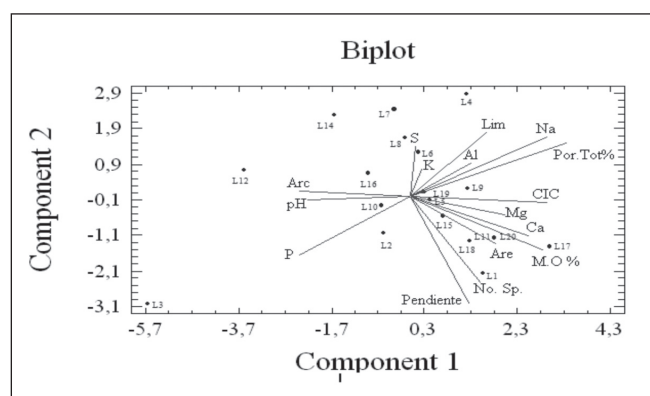
Figura 2. Análisis de componentes principales.

Tabla 9. Autovalores y varianza por cada componente.

Análisis de componentes principales			
Número de componente	Valores propios Eigenvalue	% de varianza	% acumulado
1	4.04213	25.26	25.26
2	2.56378	16.02	41.29
3	2.28192	14.26	55.55
4	1.67393	10.46	66.01
5	1.43690	8.98	74.99
6	1.19860	7.49	82.48
7	0.99117	6.20	88.68
8	0.58522	3.66	92.34
9	0.50089	3.13	95.47
10	0.35250	2.20	97.67
11	0.15487	0.97	98.64
12	0.10461	0.65	99.29
13	0.07507	0.47	99.76
14	0.02801	0.18	99.94
15	0.01039	0.07	100.00
16	0.00001	0.00	10.00

En el biplot de levantamientos y variables (Figura 3) se observan el contenido de arcilla, el pH y la CIC como las variables más influyentes en el primer componente, mientras que en el segundo componente son más representativas la pendiente y el número de especies. Dos levantamientos del herbazal con *Rubus floribundum* y *Pteridium aquilinum*

(L12 y L14) están más relacionados con suelos arcillosos y pobres en nutrientes, mientras que algunos levantamientos de la vegetación dominada por *Weinmannia pinnata* y *Miconia theaezans* (L1, L11 y L20), con mayor número de especies, responden a zonas de mayor pendiente y a suelos con valores más altos de arena, materia orgánica, calcio y magnesio.

**Figura 3.** Gráfico dual de las muestras y las variables.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

PATRÓN ESTRUCTURAL

El análisis de la abundancia para las diferentes parcelas demostró el amplio predominio que po-

seen *Rubus floribundum* y *Pteridium aquilinum* en las primeras etapas de la sucesión secundaria, en tanto en las etapas intermedias se encuentran posicionadas especies de gremios más exigentes en características biofísicas como *Miconia theae-*

zans, *Myrsine coriacea* y *Weinmannia pinnata*. Los valores promedio dan una idea sobre las densidades de estas especies para iniciar procesos de revegetalización.

Los valores de la frecuencia de las especies muestran un comportamiento muy ligado a la abundancia. El patrón espacial obtenido mediante la frecuencia tipifica las formas de agremiación de las especies y determina su comportamiento inicial y autoecológico en las priseres. Este patrón no es igual en la parte inicial ni tardía pues 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. *Pteridium aquilinum* y *Rubus floribundum*, las especies más frecuentes de las primeras etapas, 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 en seres menos evolucionadas. *Miconia* sp., *Miconia theaezans*, *Myrsine coriacea* y *Hedyosmum crenatum* son 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 avanzadas en las que no revisten valores altos de abundancia y frecuencia. 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 cuáles de ellas son las más importantes en cada una de las diferentes etapas serales, por lo que cada sere puede ser caracterizado por la presencia de una o dos especies de alta importancia ecológica. La dominancia fue mayor en *Myrsine coriacea* y *Miconia theaezans*, especies que alcanzan las mayores tallas y se encuentran en seres más avanzados.

Con el análisis de las variables estructurales explicadas se pudo definir la importancia que reviste cada especie en cada una de las etapas de desarrollo. El predominio ecológico de biotipos menos específicos y más adaptables en etapas iniciales del proceso sucesional se debe a su amplia capacidad

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

En las etapas intermedias, caracterizadas por poseer especies leñosas y de porte arbustivo y arbóreo, se encontraron especies que interactúan 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 del bosque maduro. El índice de valor de importancia demuestra la sustitución de especies en el tiempo, que se observa claramente en el comportamiento ecológico de *Myrsine coriacea*, *Miconia theaezans*, *Miconia* sp. y *Hedyosmum crenatum*, que finalmente presentaron los más altos valores. Es importante resaltar la importancia que poseen algunas especies en determinadas etapas: *Munozia* sp., por ejemplo, especie muy significativa en la sere dos, no reviste valores muy representativos de importancia. Sin embargo, características que la hacen sobresalir, como su alta abundancia (se asocia con una alta adaptabilidad), la convierten en un objeto muy interesante de implementación en tratamientos de restauración en esta etapa de la sucesión. *Hedyosmum 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, que en la mesosere dos son abundantes, frecuentes y dominantes, mientras que 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 selección de especies que pueden servir para establecer plantaciones escalonadas, según la propuesta de Knowles & Parrotta (1995), en las zonas degradadas. Este análisis determina entonces la

importancia de *Myrsine coriacea* y *Miconia* sp. en procesos de restauración ecológica de la reserva.

Al ser declarada como reserva forestal, la zona de estudio ha sufrido toda una serie de cambios en el uso del suelo. Las coberturas han sido sustituidas y en algunos casos se pueden ya ver cambios notorios en la composición de ciertos parches de vegetación que demuestran la dinámica del proceso. A través de las etapas serales identificadas en el modelo sincrónico, encontrar o diferenciar grupos sintaxonómicos da una idea sobre la racionalidad del comportamiento de las seres y 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*, establecidas para uso pecuario, se ve secundada por la existencia de matrices de vegetación que en respuesta actúan como amortiguador natural que busca la sustitución sucesiva de dichos pastos por otras especies que junto a las condiciones ambientales de la zona hacen más complejo y variable el proceso sucesional. La consideración anterior permite acercarse a 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.

PATRÓN SINTAXONÓMICO

Una primer tendencia de sucesión está hacia el herbazal con *Rubus floribundum* y *Pteridium aquilinum*

num, donde *Chusquea scandens*, una especie tan agresiva como las de la matriz de gramíneas, puede hacer muy lento el proceso de sucesión o detenerlo por un largo tiempo. Otra tendencia se identifica en los bosques dominados por *Miconia theaezans* y *Myrsine coriacea*, como la base sobre la cual se estructurará una vegetación más compleja. Como es característico en las etapas priseriales, dicha sere posee una baja diversidad de especies, pero el gran rango de adaptación de éstas permite generar condiciones apropiadas para la llegada de nuevas especies. Dos tipos de vegetación hacen parte de este grupo: los dominados por *Hedyosmum crenatum* y *Myrsine coriacea*, cuyas especies hacen parte del bosque natural intervenido (Cantillo *et al.* 2005), pudiendo incluso encontrarse en las zonas de los bordes, con características más sociales y como indicadores de mayor humedad. De igual forma, estas especies se caracterizan por su gremio ecológico hemisciófito (Lamprecht 1990) 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 comunidades más evolucionadas; los dominados por *Weinmannia pinnata* y *Miconia theaezans* (Cantillo *et al.* 2005), que si bien guardan similitud con la anterior en cuanto a complejidad estructural, se convierten en una comunidad más avanzada en la evolución al contener especies importantes de estos bosques altoandinos, como es el caso de *Ocotea calophylla*. Una síntesis se observa en la Figura 5.

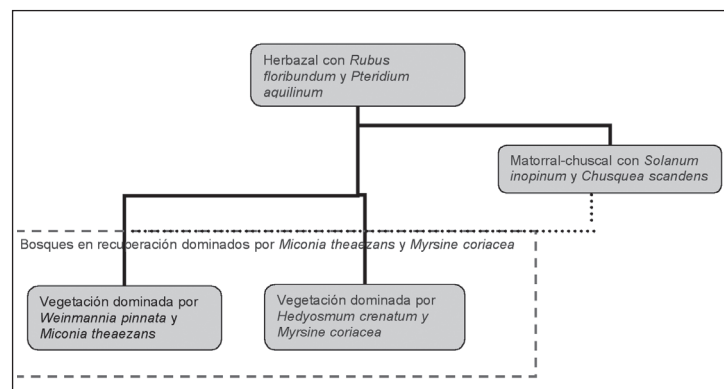


Figura 5. Evolución sucesional hipotética en áreas degradadas de la reserva forestal Cárpatos. La línea discontinua (----) encierra los bosques en recuperación dominados por *Miconia theaezans* y *Myrsine coriacea* y la punteada (...) indica una posible evolución del matorral-chuscal con *Solanum inopinum* y *Chusquea scandens* hacia cualquiera de los grupos del bosque en recuperación.

La composición florística y las características estructurales de las asociaciones presentes en el proceso sucesional determinan no sólo los nuevos caminos de evolución de este proceso, sino las características y formas de distribución regional. La evolución de las asociaciones en la Reserva Forestal Cárpatos se mantiene a través del cambio constante de la diversidad de especies. Se espera 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 más avanzadas como *Ocotea calophyllae*-*Weinmannietum pinnatae* o *Clusio multiflorae*-*Weinmannietum balbisianae*, caracterizadas en el bosque más antiguo (Cantillo *et al.* 2005). Lo anterior puede clarificarse de acuerdo con el proceso mostrado en la Figura 6.

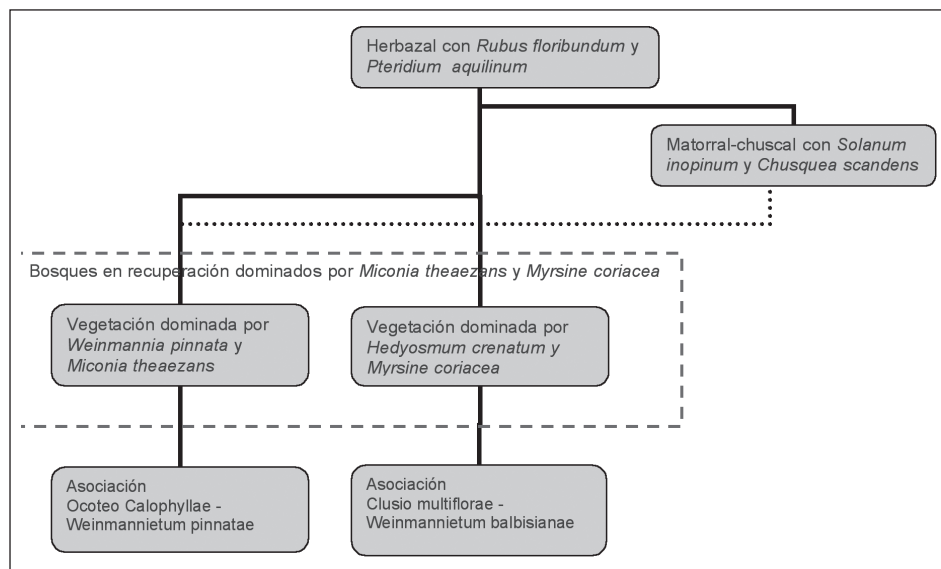


Figura 6. Evolución esperada en la restauración de la vegetación en la Reserva Forestal Cárpatos.

Los análisis de ordenación permiten suponer que existe correlación entre algunas de las variables con la composición florística en proceso de desarrollo; el mayor contenido de arcilla se encuentra en levantamientos de comunidades priseriales, mientras que mayores valores en contenido de arena, CIC, materia orgánica, pendiente y número de especies son importantes en las etapas mesoseriales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aronson, J., E. Le Floch, C. Ovalle & R. Pontanier. 1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands I. A view from the south. *Restoration Ecology* 1: 8-17.
- Bello, A. & L. Katib. 1995. Aspectos ecológicos en la sucesión secundaria de la vegetación subandina (2010 - 2510 m) en localidades del municipio de Santa Rosa de Cabal, Risaralda,

Colombia. Tesis de grado. Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

- Braun-Blanquet, J. 1979. *Fitosociología: Bases para el estudio de las comunidades vegetales*. Blume. Madrid. Pg. 820.
- Byer, M. D. & P. L. Weaver. 1977. Early secondary succession in an elfin woodland in the Luquillo mountains, Puerto Rico. *Biotropica* 23: 386-392.
- Cantillo, E. E., K. Rodríguez & A. Avella. 2005. La vegetación leñosa de la Reserva Forestal Cárpatos, Guasca, Cundinamarca. Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Fondo de Publicaciones. Bogotá. Pg. 109.
- Corlett, R. T. 1987. Post-fire succession on Mt. Wilhelm, Papua New Guinea. *Biotropica* 19: 157-160.

- Cortés-S., S., T. Van der Hammen & J. O. Rangel-Ch.** 1999. Comunidades vegetales y patrones de degradación y sucesión en la vegetación de los cerros occidentales de Chia, Cundinamarca, Colombia. *Rev. Acad. Coloma. Cienc.* 23 (89): 529-554.
- Ewel, J. (ed.).** 1980. Tropical Succession. *Manifold Routes to Maturity*. Biotropica 12 (supplement): 1-95.
- Groenendijk J. P.** 2005. Towards recovery native dry forest in the Colombian Andes. A plantation experiment for ecological restoration. Tesis de doctorado. Universiteit van Amsterdam. Amsterdam. Pg. 135.
- Knowles, O. H. & J. A. Parrotta.** 1995. Amazonian forest restoration: an innovative system for native species selection based on phonological data and field performance indices. *Commonwealth Forestry Review* 74: 230-243.
- Lamprech, H.** 1990. Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. Posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. *Technische Zusammenarbeit (GTZ)*. Alemania. Pg. 335.
- Society for Ecological Restoration (SER).** 2004. The SER international primer on ecological restoration. Society for Ecological Restoration. Disponible en: http://www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp