



PROGRAMAS DE EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

Convenio 004 de 2012



EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO A TRECE PROYECTOS DE RESTAURACIÓN, RECUPERACIÓN Y/O REHABILITACIÓN DEL DISTRITO CAPITAL

Convenio 004 de 2012

“Aunar esfuerzos técnicos, administrativos y humanos para la implementación de técnicas de Restauración, rehabilitación y/o Recuperación ecológica, en áreas estratégicas del Parque Ecológico Distrital de montaña Entrenubes, la serranía del Zuque y predios localizados en inmediaciones del embalse de Chisacá (EAAB) y el registro de la toma de datos para trece proyectos de restauración, recuperación y/o rehabilitación de la Secretaría Distrital de Ambiente (programa de evaluación y seguimiento) realizados en las localidades de Usme, San Cristóbal, Ciudad Bolívar y Usaquén”.

FUNDACIÓN NATURA – SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE

INFORME EJECUTIVO FINAL DE MONITOREO

Elaboró
FUNDACIÓN NATURA

Bogotá, D.C. – 2013

**EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO A TRECE PROYECTOS DE RESTAURACIÓN,
RECUPERACIÓN Y/O REHABILITACIÓN DEL DISTRITO CAPITAL**

Convenio 004 de 2012

FUNDACIÓN NATURA – SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE

INFORME EJECUTIVO FINAL MONITOREO

Directora Ejecutiva Fundación Natura

Elsa Matilde Escobar

Subdirectora de Conservación e Investigación

Clara Ligia Solano

Coordinador Técnico

Francisco Torres, M.Sc.

Equipo Técnico

Roy González Martínez, Ing. Forestal

Andrés Avella Muñoz, M.Sc.

Wilson Gómez Anaya, M.Sc.

Julián Díaz Triana, Biólogo

Auxiliares de campo

Maribel Vásquez Valderrama, E.I. Forestal

John Nieto Vargas, E.I. Forestal

Daniel García Villalobos, E.I. Forestal

Karen López Gaitán, E.I. Forestal

Bogotá, D.C. – 2013

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	5
2. ANTECEDENTES DEL PROGRAMA DE EVALUACION Y SEGUIMIENTO	7
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PROYECTOS	7
4. OBJETIVOS DE EVALUACION Y SEGUIMIENTO.....	9
4.1. Objetivo general	9
4.1. Objetivos Específicos.....	9
5. AJUSTE METODOLOGICO	9
Inventario y monitoreo de la vegetación en cada ensayo	10
6. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	11
6.2. Componente florístico.....	11
6.3. Componente estructura.....	17
6.4. Componente composición	22
6.5. Componente función	24
7. CONCLUSIONES	33
8. RECOMENDACIONES.....	35
8.1. Recomendaciones sobre la formulación de proyectos de restauración.....	35
8.2. Recomendaciones sobre el uso y manejo de las especies	37
8.3. Recomendaciones sobre el mantenimiento de los proyectos	43
8.4. Recomendaciones sobre el monitoreo	43
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46
10. ANEXOS	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Proyectos de restauración establecidos por la Secretaria Distrital de Ambiente, desde el año 2005, a partir de diferentes convenios con otras instituciones. Objeto de evaluación y seguimiento en el presente convenio (Convenio 004 de 2012, Fundación Natura – Secretaria Distrital de Ambiente).....	7
Tabla 2. Etapas y principales actividades del proceso de monitoreo.	10
Tabla 3. Áreas de monitoreo permanente	11
Tabla 4. Número de individuos monitoreados por localidad.....	11
Tabla 5. Listado de familias y especies por estrato, encontradas en los ensayos.	15

Tabla 6. Porcentaje de individuos por categoría de adaptación a los proyectos; grado medio de síntomas sanitarios (GM), incidencia (ICN) e intensidad o severidad (I).....	25
Tabla 7. Número de individuos obtenidos en el monitoreo de edafofauna.....	27
Tabla 8. Riqueza de edafofauna en dos proyectos de restauración ecológica con implementación de biosólidos en el Distrito Capital.	27
Tabla 9. Grupos de invertebrados más abundantes en la edafofauna de las parcelas con biosólidos en Soratama y Juan Rey.....	31
Tabla 10. Recomendaciones sobre la formulación de proyectos de restauración.....	35
Tabla 11. Comparación de especies encontradas en otros estudios florísticos frente al monitoreo realizado en el convenio 04 de 2012	38
Tabla 12. Algunas especies sugeridas para nuevos ensayos de restauración por ecosistema y gremio ecológico	39
Tabla 13. Recomendaciones para próximos monitoreos	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de individuos por familias botánicas.....	12
Figura 2. Distribución de individuos por genero	13
Figura 3. Especies con mayor número de individuos.....	14
Figura 4. Porcentaje de individuos por estrato en los diferentes ensayos	17
Figura 5. Distribución de las alturas (m) en los diferentes proyectos.....	18
Figura 6. Altura promedio de las diez especies con mayor número de individuos, y las dos especies con mayores valores de altura en los ensayos.....	19
Figura 7. Distribución de la cobertura (m) en los diferentes proyectos	19
Figura 8. Cobertura promedio de las diez especies con mayor número de individuos, y las dos especies con mayores valores de altura en los ensayos	20
Figura 9. Distribución del DAP(m) en los diferentes proyectos.....	21
Figura 10. DAP promedio de las diez especies con mayor número de individuos, y las dos especies con mayores valores de altura en los ensayos.....	21
Figura 11. Índice de <i>Menhinick</i> para la evaluación de riqueza específica en los diferentes proyectos.....	22
Figura 12. Índice de <i>Shannon-Wiener</i> para la evaluación de la diversidad en los diferentes proyectos.....	23
Figura 13. Índice <i>Pielou</i> para la evaluación de la equidad en los diferentes proyectos	24

1. RESUMEN

El presente documento ejecutivo muestra los principales ajustes a la metodología de evaluación y seguimiento, los datos globales obtenidos del trabajo en campo, el análisis de los datos, las conclusiones y recomendaciones generadas en el marco de la ejecución del convenio 04 de 2012 suscrito entre la Secretaria de Ambiente de Bogotá y la Fundación Natura en el componente de: *“registro de la toma de datos para trece proyectos de restauración, recuperación y/o rehabilitación de la Secretaria Distrital de Ambiente (programa de evaluación y seguimiento) realizados en las localidades de Usme, San Cristóbal, Ciudad Bolívar y Usaquén”*.

El trabajo se desarrolló entre los meses de Agosto de 2012 y febrero de 2013, simultáneamente a la toma de datos en campo se hicieron varias sesiones de trabajo, comités técnicos y visitas de campo con el equipo de la Fundación Natura y el equipo técnico de la SDA. En los informes de avance mensual se presentaron los avances parciales que se fueron dando a medida que avanzaba la ejecución del convenio. En las diferentes sesiones y visitas se hicieron aportes por las partes para mejorar la toma de datos en campo, la georreferenciación de los ensayos, el contenido y presentación de los informes, el análisis e interpretación de los datos, las conclusiones y recomendaciones finales.

Debido a que no se contó con cartografía inicial de todos los proyectos, se realizaron salidas a las zonas donde se tenían indicios que se hicieron las intervenciones para buscar cada uno de los proyectos, al final con ayuda de algunas comunidades se pudieron ubicar la totalidad de los proyectos.

De los trece proyectos a evaluar nueve fueron monitoreados previamente por la Escuela de restauración de la Universidad Javeriana mediante el convenio 017 de 2008, los otros cuatro proyectos no presentaron evaluación Anterior.

En los proyectos evaluados previamente se encontraron evidencias de los monitoreos anteriores como estacas de madera en las parcelas y placas de aluminio degradadas en algunos individuos, las cuales fueron reemplazadas por tubería de PVC y placas de aluminio de un calibre más grueso marcadas en relieve, que garantizan una mayor durabilidad a la intemperie.

Aunque se contó con los informes elaborados por la escuela de restauración como insumo fundamental para esta nueva toma de datos, por no tener georreferenciación detallada se complicó la ubicación exacta de algunos de los ensayos, parcelas y de cada uno de los individuos monitoreados, por lo tanto en algunos casos no es posible hacer una trazabilidad completa de los datos tomados en los años 2008, 2009 y 2010 con los obtenidos en 2012.

Debido a las diferencias, naturaleza y objetivo de cada proyecto se encontró una amplia variedad de disturbios localizados en diferentes condiciones ecológicas y

diversidad de tratamientos aplicados en los diferentes casos por lo tanto no es viable hacer comparaciones estadísticas entre algunos de ellos, y tampoco se pueden generalizar las conclusiones y recomendaciones ya que cada proyecto es diferente, sin embargo los datos obtenidos en este ejercicio si permiten hacer un análisis descriptivo global a la evolución de los procesos de restauración emprendidos por el Distrito Capital en los últimos ocho años, se pueden observar ciertas variables y tendencias para algunas especies encontradas y tratamientos utilizados con éxito, que pueden ser tenidas en cuenta en futuros ensayos.

De acuerdo a los datos obtenidos en campo se llega a unas conclusiones generales y se hacen algunas sugerencias que deben ser objeto de reflexión y discusión y si se consideran pertinentes deben tenerse en cuenta para mejorar los nuevos procesos de restauración adelantados por la Secretaria Distrital de Ambiente.

2. ANTECEDENTES DEL PROGRAMA DE EVALUACION Y SEGUIMIENTO

La Secretaria Distrital de Ambiente realizó el convenio 017/08 con la Escuela de Restauración Ecológica de la Universidad Javeriana, con el propósito de dar cumplimiento a las metas establecidos en la línea de restauración contempladas en el Plan de Desarrollo Bogotá Positiva 2008-2012. La escuela de restauración ecológica en el marco del mencionado convenio estableció una metodología para el programa de evaluación y seguimiento (PEyS) a diferentes proyectos de restauración, recuperación y/o rehabilitación del distrito capital, esta metodología fue aplicada en diez proyectos a lo largo de los años 2008, 2009 y 2010. El programa presenta elementos de gestión, planeación y ejecución de proyectos de restauración ecológica generando un esquema operativo desde la formulación hasta la evaluación de los PEyS, con la interacción de diferentes actores cooperantes (e.g. instituciones, investigadores, técnicos, comunidades locales).

Los principales aportes temáticos y técnico-operativos de esta contribución metodológica abordaron la síntesis de conceptos básicos en restauración ecológica, la descripción de los proyectos de restauración, recuperación y rehabilitación ecológica del distrito capital, desarrollados hasta el año 2008, pautas para la gestión de áreas degradadas del Distrito Capital, la secuencia operativa para el desarrollo de estos proyectos y el papel que juega la investigación y seguimiento en estos procesos. Presentaron los resultados de algunas experiencias piloto de restauración en áreas disturbadas por minería a cielo abierto, incendios forestales y especies invasoras, actividades agropecuarias y descargas de contaminantes sobre suelo y agua (Barrera *et al.* 2010).

La información generada por la Escuela de Restauración sirvió como pilar fundamental para el ajuste metodológico, toma de datos, análisis, conclusiones y recomendaciones de este nuevo ejercicio.

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PROYECTOS

A continuación se relacionan los trece proyectos objeto de la toma de datos en el convenio 04 de 2012:

Tabla 1. Proyectos de restauración establecidos por la Secretaria Distrital de Ambiente, desde el año 2005, a partir de diferentes convenios con otras instituciones. Objeto de evaluación y seguimiento en el presente convenio (Convenio 004 de 2012, Fundación Natura – Secretaria Distrital de Ambiente)

No.	Código SIG	Proyecto de restauración	Año intervención	PEyS
1	CB1	Proyecto de restauración ecológica participativa en la microcuenca de la quebrada La Porquera, vereda Mochuelo Alto	2005	2009 2010
2	SC1	Restauración ecológica de áreas afectadas por <i>Ulex europaeus</i> L. Serranía El Zuque	2010	Sin datos
3	UQ1	Proyecto experiencia piloto de restauración ecológica	2005	2009

No.	Código SIG	Proyecto de restauración	Año intervención	PEyS
		mediante el uso de biosólidos en la cantera Soratama, localidad de Usaquéen		2010
4	UQ2	Proyecto consolidación y restauración ecológica del Aula Ambiental Soratama, en la localidad de Usaquéen	2007	2009 2010
5	US1	Proyecto Piloto de recuperación de la Microcuenca de la Quebrada Yomasa, en el sector de los Soches, con la participación de la comunidad	2006	2009 2010
6	US2	Proyecto piloto de restauración ecológica participativa en la microcuenca de las quebradas Hoya Onda y la Leona vereda las Margaritas	2007	2009 2010
7	US3	Proyecto de implementación de diseños de restauración ecológica en nacimientos, franjas de infiltración y Rondas de la quebrada Hoya del Ramo, en el cerro de Juan Rey, Parque Ecológico Distrital de Montaña Entre Nubes	2007	2009 2010
8	US4	Evaluación del proyecto piloto de restauración ecológica participativa de la microcuenca de la quebrada Piedra Gorda, ubicada en las veredas el Destino y Curubital	2007	2009 2010
9	US5	Proyecto de plantación de especie nativas en un área dominada por la presencia de helecho marranero <i>Pteridium aquilinum</i> (Kuhn) en la quebrada Hoya de Ramo, Parque Ecológico Entre Nubes	2008	2009 2010
10	US6	Acciones de restauración, rehabilitación y recuperación ecológica en áreas invadidas por retamo espinoso en el marco del convenio 08/09 suscrito con la Universidad Nacional de Colombia	2009	Sin datos
11	US7	Acciones de erradicación (desinfestación) y control de retamo espinoso en predios de la EAAB Y otros en la localidad de Usme	2010	Sin datos
12	US8	Nuevo proyecto 2012 desarrollado a través del presente convenio 04 de 2012	2012	NA
13	US9	Proyecto de aplicación experimental de mezclas de estériles y biosólidos como una estrategia de restauración en áreas afectadas por la minería a cielo abierto, arenera Juan Rey	2006	2009 2010

De los trece proyectos ejecutados desde el año 2005, seis se desarrollaron en parques de la Secretaria Distrital de Ambiente en Soratama (Usaquén) y Entrenubes (San Cristóbal), y de estos dos corresponden a ensayos con biosólidos en zonas afectadas por minería (explotación de canteras), cuatro son en áreas rurales con participación de las comunidades en las localidades de Usme y Ciudad Bolívar, y tres corresponden a áreas afectadas por retamo espinoso en las localidades de San Cristóbal y Usme.

4. OBJETIVOS DE EVALUACION Y SEGUIMIENTO

4.1. Objetivo general

El Programa de Evaluación y seguimiento para los proyectos piloto de restauración ecológica objeto de evaluación mediante el convenio 004 de 2012, tiene como propósito principal estandarizar el montaje de parcelas de monitoreo de manera permanente, integrar los datos obtenidos al SIG construido en paralelo en el presente convenio y realizar la evaluación y seguimiento del efecto de los diferentes tratamientos sobre el desarrollo de la vegetación y la edafofauna.

4.1. Objetivos Específicos

- Identificar y localizar geográficamente los trece proyectos piloto de restauración ecológica.
- Estandarizar el montaje de parcelas permanentes, acorde con el ajuste metodológico realizado en el presente convenio.
- Registrar la información de la vegetación existente en los ensayos objeto de evaluación y seguimiento.
- Registrar la información de edafofauna y suelos en los proyectos de biosólidos en Soratama y Juan Rey.
- Integrar la información geográfica de los ensayos y los individuos registrados al SIG.
- Analizar el efecto de la aplicación de los tratamientos sobre el desarrollo de la vegetación.
- Analizar el comportamiento de las diferentes especies presentes en los ensayos.

5. AJUSTE METODOLOGICO

Para el desarrollo de la evaluación y seguimiento de los 13 proyectos restauración, recuperación y/o rehabilitación en el distrito capital contemplados en el convenio 004 de 2012, establecidos por la Secretaria Distrital de Ambiente, desde el año 2005 mediante diferentes convenios (**Tabla 1**), se siguió y ajustó la metodología propuesta por Barrera *et al.* (2010), implementando las recomendaciones para el levantamiento e inventario de la vegetación, desarrolladas por Vallejo *et al.* (2005). De esta manera, en cada proyecto, la metodología consistió en la reconstrucción de los ensayos de modo estandarizado (método de establecimiento homogéneo para todos los proyectos), así como, su establecimiento en forma permanente, durable y que permita su fácil monitoreo en futuras ocasiones, con el fin de evaluar la efectividad de los ensayos y la potencialidad de réplica en otros ecosistemas deteriorados, por acciones antrópicas.

Cada ensayo ha sido integrado a una base de datos y un único sistema de información geográfico (SIG), donde se incorporan las variables asociadas con la localización espacial de cada proyecto (*e.g.* ensayos, tratamientos, bloques, entre otros) y las variables de interés en el monitoreo (individuos plantados, vegetación asociada, características estructurales de la vegetación plantada y asociada, entre otros).

Para estandarizar la metodología de monitoreo en todos los proyectos, y así facilitar las mediciones futuras, se procedió realizar el geo-posicionamiento y establecimiento permanente de los ensayos al interior de cada proyecto. Debido a que se cuenta con diferentes tipos de ensayos, tales como agregados, parcelas cuadradas, sistemas de bloques y tratamientos, plantaciones en sistemas tres bolillo, entre otros; se ejemplificara el procedimiento de localización y montaje general de los ensayos, las precisiones de cada ensayo se reportan individualmente, en los informes por proyecto. En la **Tabla 2** se resumen las principales etapas del monitoreo y las actividades desarrolladas en cada paso:

Tabla 2. Etapas y principales actividades del proceso de monitoreo.

Etapas del monitoreo	Actividades
Geo-Posicionamiento y establecimiento permanente de los ensayos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Preparación del área muestral de cada ensayo ▪ Instalación del área de cada parcela en el ensayo ▪ Georreferenciación de cada parcela en el ensayo
Inventario y monitoreo de la vegetación en cada ensayo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Marcación de individuos vegetales ▪ Captura de datos (Diámetro (cm) Diámetro de copas (m), Altura (m) Bifurcaciones, Adaptación) ▪ Monitoreo de vegetación asociada (cobertura y altura)
Determinación taxonómica, fenología y origen de las especies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Clasificación de Familias, Géneros, especies y autor de las especies de acuerdo con APA III ▪ Registro fenológico ▪ Identificación del origen de las especies en dos categorías: nativa y exótica
Espacialización de los individuos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Localización geográfica de los individuos de acuerdo con el sistema de referencia espacial utilizado
Inventario y monitoreo de la vegetación asociada en cada ensayo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Instalación de cuadrantes muestrales ▪ Captura de datos
Monitoreo de la edafofauna	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Diseño de muestreo. ▪ Instalación de trampas y colecta de muestras de suelo. ▪ Recolección de trampas y procesamiento de muestras.
Determinación taxonómica, conteo y clasificación de edafofauna	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Determinaciones taxonómicas a clase, orden y familias con el uso de claves. ▪ Separación y preservación de especímenes. ▪ Registro de datos: grupo taxonómico y abundancia por grupo. ▪ Clasificación por grupos funcionales.
Análisis de datos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis descriptivos

Etapa del monitoreo	Actividades
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pruebas de comparación o contraste ▪ Índices de estructura ▪ Índices de composición ▪ Índices de función
Conclusiones y recomendaciones	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A partir de los datos obtenidos y análisis generados

6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1. Vegetación monitoreada

Fueron instaladas 22.2 ha de monitoreo permanente, distribuidos en diferentes unidades muestrales (parcelas cuadradas, rectangulares, hexagonales, circulares e irregulares) y 320 m² en cuadrantes de vegetación asociada (1x1 m) en los trece ensayos de implementación metodológica. Como se muestra en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Áreas de monitoreo permanente

Tipo de ensayo	Área (ha)
Ensayos regúlales (Parcelas cuadradas, rectangulares, redondas, Agregados, Trinchos, entre otros que se asocian a una figura geométrica monitoreados completamente)	3,6
Ensayos irregulares (polígonos sin forma definida en los cuales solo se monitorearon los individuos plantados aisladamente)	18,6
Cuadrantes de vegetación asociada (de 1x1 m monitoreados completamente)	0,03
Total área muestreada	22,2

En total se monitorearon 9536 individuos en los trece proyectos distribuidos en las cuatro localidades como se aprecia en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Número de individuos monitoreados por localidad

Localidad	Códigos SIG	No. de individuos
Ciudad Bolívar	CB1	390
San Cristóbal	SC1,	1490
Usaquén	UQ1, UQ2	1900
Usme	US1, US2, US3, US4, US5, US6, US7, US8, US9	5756
Total	13 proyectos	9536

6.2. Componente florístico

Evaluando en conjunto la composición florística encontrada en los diferentes proyectos, se encontraron un total de **35 familias** botánicas, el número de géneros

encontrados (61) fue mayor que el reportado en monitoreos previos, el número total de especies encontradas fue de **107**.

Se encontró que **el 77% de los individuos están distribuidos tan solo en 10 familias**. La familia Compositae es la más abundante con 25% de los individuos (2552). Un 19% se agrupó en 9 familias cada una con menos del 3% de los individuos. Las restantes 16 familias agruparon el 4% de los individuos, cada una con menos de 1% de los individuos (**Figura 1**).

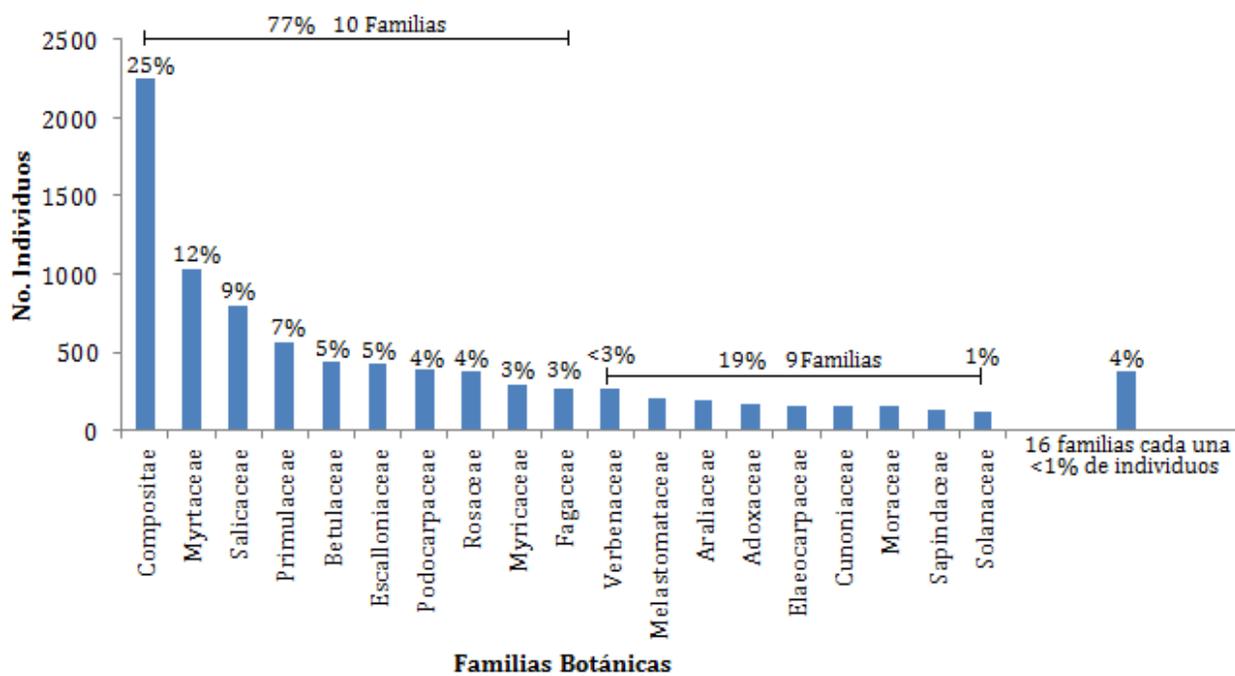


Figura 1. Distribución de individuos por familias botánicas

Se encontraron en total 61 géneros, el género con mayor número de individuos es *Myrcianthes* (865), seguido de tres géneros de la familia Compositae: *Baccharis*, *Ageratina* y *Verbesina* (731, 661 y 628, respectivamente).

En conjunto **los primeros 15 géneros agrupan el 76,7%** de los individuos encontrados en los ensayos. 33 géneros (55% de los géneros registrados) presentan menos de 55 individuos cada uno, esto equivale a menos del 0.6% del total de los individuos (**Figura 2**).

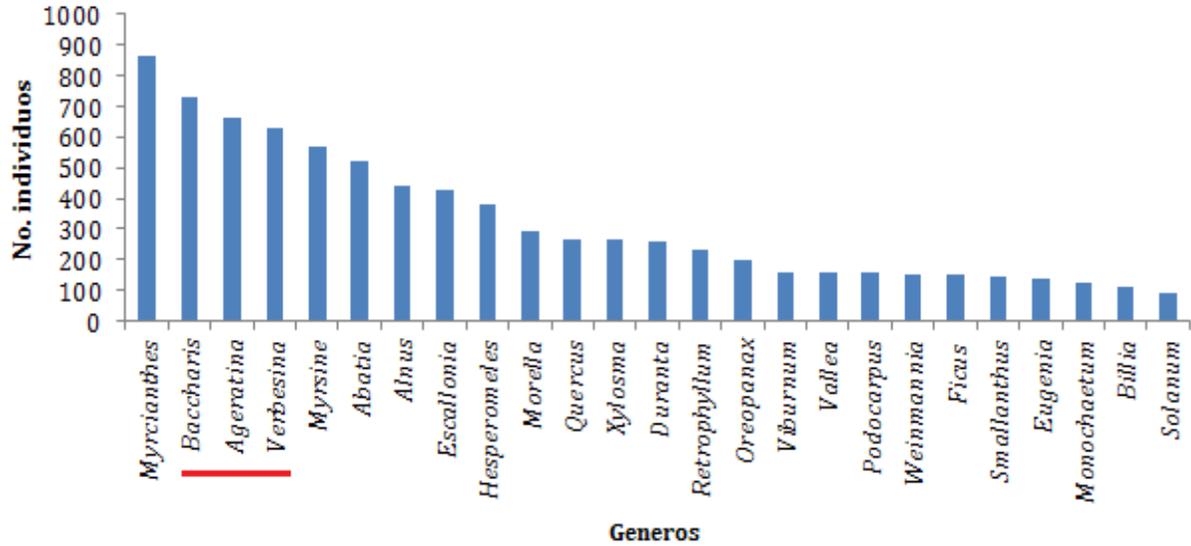


Figura 2. Distribución de individuos por genero

De las 107 especies encontradas, las diez que presentan el mayor número de individuos se presentan en la **Figura 3**. El máximo valor en número de individuos lo registro *Myrcianthes leucoxyla* con 856 individuos (9% del total), seguido por *Ageratina tinifolia*, *Baccharis latifolia* y *Verbesina crassiramea* (648, 633 - y 628 individuos, respectivamente que en sumatoria dan 1909 individuos que equivalen al 20% del total).

El 78% de las especies registradas presentan menos de 100 individuos en la totalidad de los ensayos, esto equivale a menos del 1% por especie. Mientras que el restante 22% de las especies registran 6939 individuos en conjunto (80% de los individuos registrados)

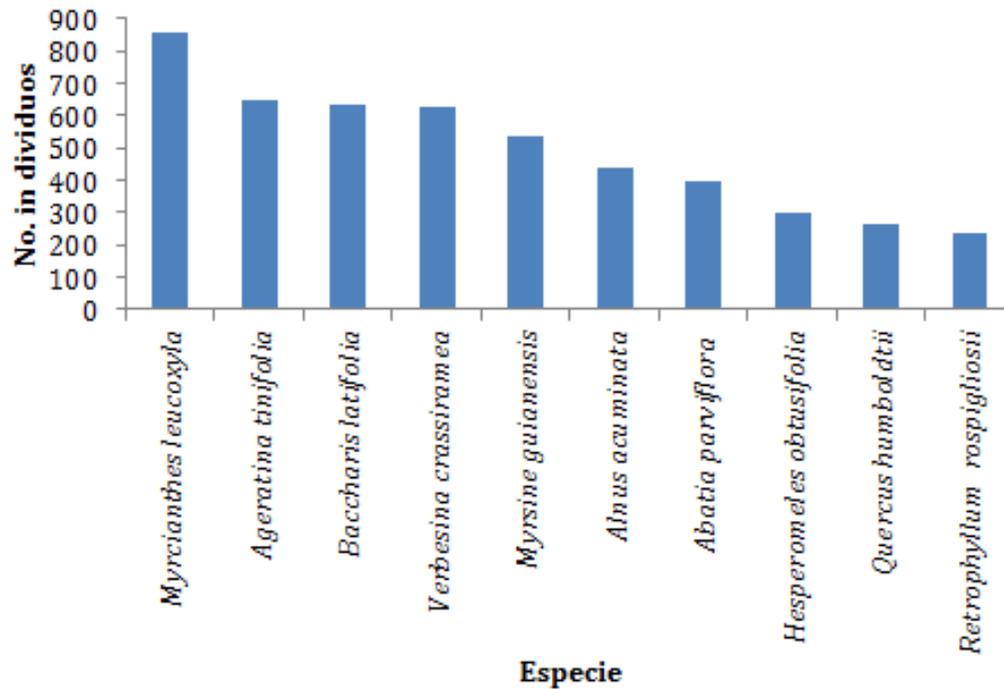


Figura 3. Especies con mayor número de individuos

Como se observa en la **Tabla 5**, el mayor número de las especies se encuentran agrupadas en el estrato Herbáceo (75 especies), seguido del arbustivo (62 especies), el rasante y el arbóreo (42 y 10 respectivamente). Las familias que presentaron especies en el estrato arbóreo fueron Betulaceae, Compositae, Cunoniaceae, Melastomataceae, Myrtaceae y Salisaceae. Es importante resaltar que la especie de la familia Myrtaceae (*Eucalyptus globulus*, estrato arbóreo) fue la que mayores valores de altura registro a través del monitoreo, esta especie no fue sembrada en el marco de los proyectos de restauración dado su carácter de invasiva, su potencial expansión y rápido crecimiento, sin embargo se encuentra presente y en estados de crecimiento superiores a las especies plantadas.

De las 107 especies encontradas en los ensayos **8 son consideradas como exóticas** (*Sambucus nigra*, *Senna viarum*, *Eugenia sp.*, *Eucalyptus globulus*, *Ligustrum japonicum*, *Pittosporum undulatum*, *Pyracantha coccinea*, *Salix humboldtiana*) y 11 especies si bien son nativas no corresponden con los ecosistemas de referencia ya que no aparecen en los listados de estudios florísticos de estas zonas. (*Tecoma stans*, *Delostoma integrifolium*, *Quercus humboldtii*, *Meriania nobilis*, *Ficus andicola*, *Ficus tequendamae*, *Podocarpus oleifolius*, *Retrophyllum rospigliosii*, *Billia rosea*, *Cecropia sp.* *Citharexylum subflavescens*,). Y de estas *Quercus humboldtii* y *Retrophyllum rospigliosii* aparecen entre las diez más utilizadas en los ensayos.

Tabla 5. Listado de familias y especies por estrato, encontradas en los ensayos.

Familia	Especie	Rasante	Herbáceo	Arbustivo	Arbóreo	Total estratos presente
Adoxaceae	<i>Sambucus nigra*</i>					2
	<i>Viburnum triphyllum</i>					3
	<i>Viburnum tinoides</i>					3
Araliaceae	<i>Oreopanax incisus</i>					3
Berberidaceae	<i>Berberis rigidifolia</i>					1
	<i>Berberis rigidifolia</i>					2
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i>					3
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans**</i>					3
	<i>Delostoma integrifolium**</i>					2
Clethraceae	<i>Clethra</i> sp.					1
Clusiaceae	<i>Clusia multiflora</i>					3
Compositae	<i>Ageratina tinifolia</i>					4
	<i>Diplostephium rosmarinifolium</i>					4
	<i>Baccharis latifolia</i>					4
	<i>Ageratina aristei</i>					2
	<i>Verbesina crassiramea</i>					3
	<i>Smallanthus pyramidalis</i>					4
	<i>Ageratina</i> sp.					3
	<i>Baccharis bogotensis</i>					2
	<i>Baccharis</i> sp.					2
	<i>Eupatorium</i> sp.					2
	<i>Diplostephium</i> sp.					1
	<i>Pentacalia corymbosa</i>					1
Cunoniaceae	<i>Weinmannia tomentosa</i>					3
	<i>Weinmannia microphylla</i>					3
	<i>Weinmannia trianaea</i>					2
Elaeocarpaceae	<i>Vallea stipularis</i>					3
Ericaceae	<i>Cavendishia</i> cf. <i>bracteata</i>					3
	<i>Macleania</i> sp.					1
	<i>Gaultheria myrsinoides</i>					2
	<i>Vaccinium floribundum</i>					1
Escalloniaceae	<i>Escallonia paniculata</i>					3
	<i>Escallonia myrtilloides</i>					3
	<i>Escallonia tubar</i>					2
	<i>Escallonia pendula</i>					2
Fagaceae	<i>Quercus humboldtii**</i>					2
Hypericaceae	<i>Hypericum juniperinum</i>					3

Familia	Especie	Rasante	Herbáceo	Arbustivo	Arbóreo	Total estratos presente
Leguminosae	<i>Senna viarum*</i>					2
	<i>Lupinus bogotensis</i>					2
Loranthaceae	<i>Gaiadendron punctatum</i>					2
Melastomataceae	<i>Monochaetum myrtoideum</i>					4
	<i>Miconia squamulosa</i>					3
	<i>Bucquetia glutinosa</i>					1
	<i>Bucquetia glutinosa</i>					1
	<i>Meriania nobilis**</i>					2
	<i>Miconia</i> sp.					1
Meliaceae	<i>Cedrela montana</i>					2
Moraceae	<i>Ficus andicola**</i>					3
	<i>Ficus tequendamae**</i>					3
Myricaceae	<i>Morella pubescens</i>					3
	<i>Morella parvifolia</i>					3
Myrtaceae	<i>Eugenia</i> sp.*					2
	<i>Myrcianthes leucoxylla</i>					3
	<i>Myrcianthes rhopaloides</i>					2
	<i>Eucalyptus globulus*</i>					3
Oleaceae	<i>Ligustrum japonicum*</i>					3
Piperaceae	<i>Piper bogotense</i>					1
Pittosporaceae	<i>Pittosporum undulatum*</i>					1
Poaceae	<i>Chusquea cf. scandens</i>					1
Podocarpaceae	<i>Podocarpus oleifolius**</i>					3
	<i>Retrophyllum rospigliosii**</i>					3
Polygalaceae	<i>Monnina aestuans</i>					2
Primulaceae	<i>Myrsine guianensis</i>					3
	<i>Myrsine coriacea</i>					2
Rosaceae	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>					3
	<i>Hesperomeles goudotiana</i>					3
	<i>Pyracantha coccinea*</i>					1
Rubiaceae	<i>Palicourea lineariflora</i>					1
Salicaceae	<i>Abatia parviflora</i>					4
	<i>Xylosma</i> sp.					2
	<i>Xylosma spiculifera</i>					3
	<i>Salix humboldtiana*</i>					1
Sapindaceae	<i>Billia rosea**</i>					3
	<i>Dodonaea viscosa</i>					2
Solanaceae	<i>Cestrum mutisii</i>					3

Familia	Especie	Rasante	Herbáceo	Arbustivo	Arbóreo	Total estratos presente
	<i>Solanum oblongifolium</i>					3
	<i>Cestrum</i> sp.					1
Urticaceae	<i>Cecropia</i> sp.**					2
Verbenaceae	<i>Duranta mutisii</i>					3
	<i>Lantana</i> sp.					1
	<i>Citharexylum subflavescens</i> **					1
Total		42	75	62	10	82

* Especie considerada exótica

** Especie nativa que no corresponde al ecosistema de referencia

Al evaluar el número de individuos por estrato se encuentra una tendencia similar a la registrada frente al número de especies, donde el mayor valor se encuentra para el estrato herbáceo, seguido del arbustivo, rasante y arbóreo (**Figura 4**). Esto indica que luego del establecimiento de los proyectos (2005-2010, en promedio 5 años) la mayoría de los individuos se encuentra de porte bajo (herbáceo y arbustivo) con limitados incrementos en altura.

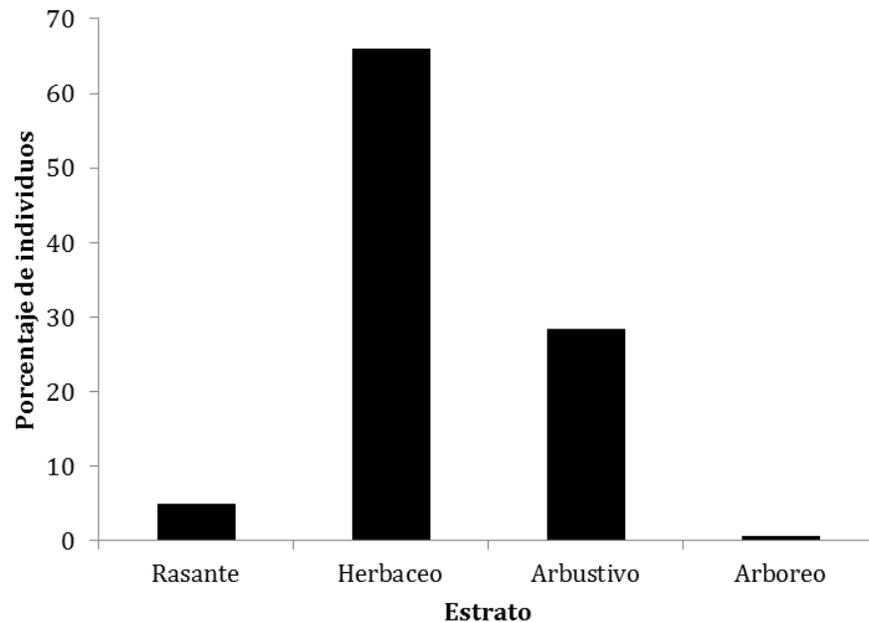


Figura 4. Porcentaje de individuos por estrato en los diferentes ensayos

6.3. Componente estructura

Como se observa en la **Figura 5**, en los diferentes proyectos, la altura que se registra para los individuos se encuentra concentrada en el rango de 1 y 2.5 m (75 %, 3 cuartil)

sin distinción del año de establecimiento del ensayo. No obstante, los individuos de cinco especies (cuatro plantadas y una colonizadora; **Figura 5**) han incrementado en su altura por fuera del de la distribución encontrada para cada proyecto. *Eucalyptus globulus* (especie colonizadora) presenta los individuos con el mayor incremento en alturas en los ensayos respectivos al proyecto UQ2, mientras que *Alnus acuminata* reporta individuos con incrementos en altura considerables en seis proyectos entre el 2005 y 2009; sin embargo, *Smallanthus pyramidalis* registra altos incrementos en altura en tan solo cuatro años (2009-2010), inclusive superiores a los datos registrados para *Alnus acuminata*.

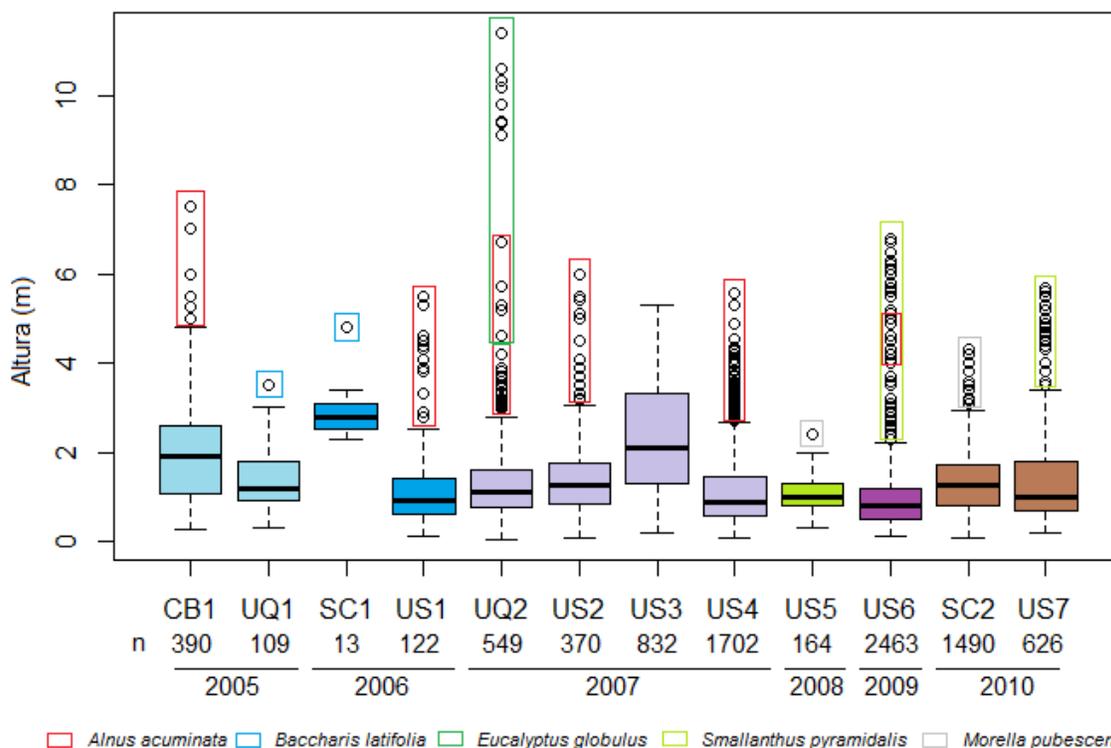


Figura 5. Distribución de las alturas (m) en los diferentes proyectos

Al evaluar los valores de altura para especies con mayor número de individuos a través de los ensayos se encontró una variación entre 1 y 3 m de altura con un valor central cercano a 1 m, para estas especies. *Myrcianthes leucoxyla*, especie que registro un total 856 individuos (el mayor número encontrado con el 9%), presentó los menores valores de altura a través de los ensayos, alcanzando tan solo 1 m de altura en promedio. *Smallanthus pyramidalis* a pesar de no estar entre las diez especies con mayor número de individuos reportó los mayores valores de altura para especies plantadas en el marco de los proyectos.

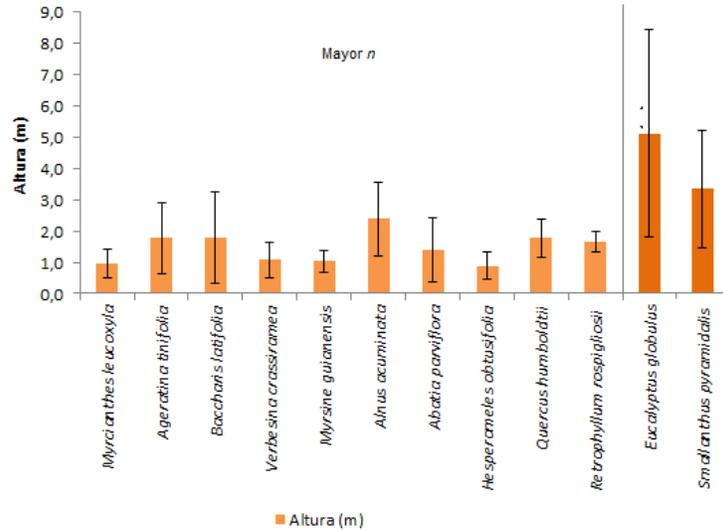


Figura 6. Altura promedio de las diez especies con mayor número de individuos, y las dos especies con mayores valores de altura en los ensayos

Una tendencia similar a la encontrada para los valores de altura en los diferentes proyectos, se registró para los valores de cobertura. Donde en la mayoría de los proyectos varía entre 0.1 y 2 m (75%, 3 cuartil), con un valor central cercano a 0.7 m. Del mismo modo las especies con valores atípicos (>2 m) fueron *Eucalyptus globulus* (colonizadora), *Alnus acuminata* y *Smallanthus pyramidalis* (plantadas), otras especies que aparecen por una mayor expansión de la copa se observan en la **Figura 7**.

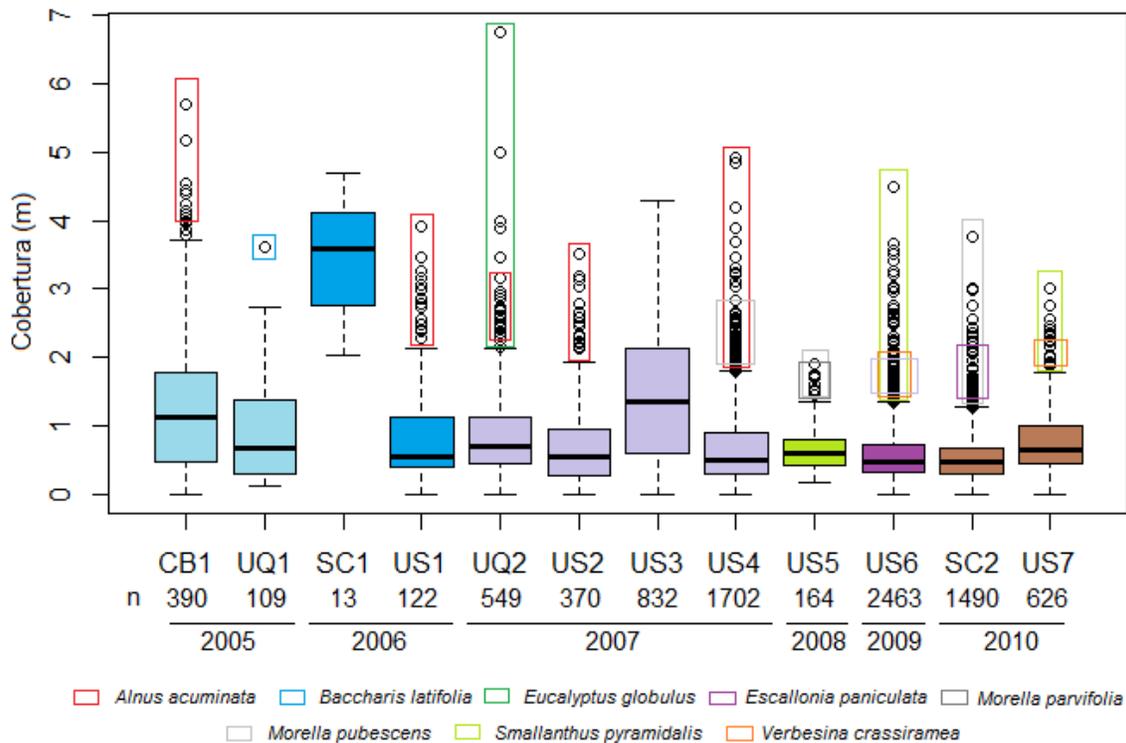


Figura 7. Distribución de la cobertura (m) en los diferentes proyectos

Al evaluar los valores de cobertura en las especies con mayor número de individuos, se encontraron nuevamente valores bajos (1 m en promedio para estas especies), frente a otras con menor número de individuos. La especie plantada que registro el mayor valor de cobertura promedio fue *Escallonia paniculata*, esta especie no se encuentra entre las diez con mayor número de individuos a través de los proyectos. Por otro lado, *Myrcianthes leucoxylla* se encontró nuevamente entre las especies con menores valores de cobertura promedio ($0.5 \text{ m} \pm 4$; **Figura 8**).

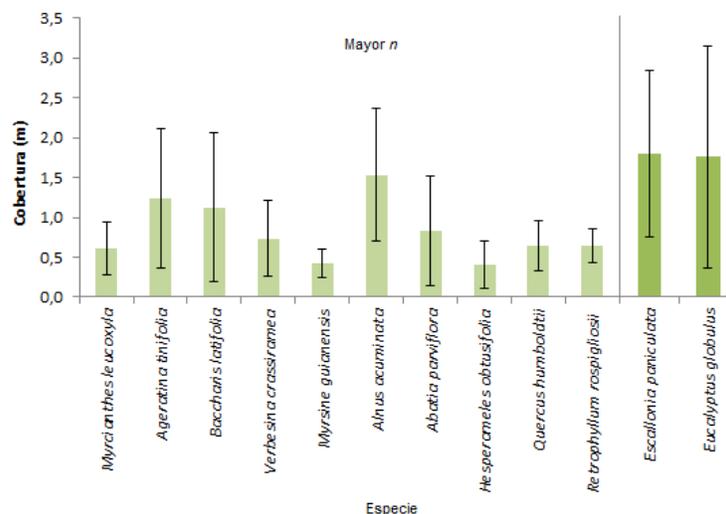


Figura 8. Cobertura promedio de las diez especies con mayor número de individuos, y las dos especies con mayores valores de altura en los ensayos

Como se observa en la **Figura 79**, la distribución de los valores de DAP se concentra entre 1 y 3 cm (75%; 3 cuartil) luego 5 años en promedio del establecimiento de los proyectos. Sin embargo, a diferencia de los valores de altura y cobertura un mayor número de especies presentan valores atípicos de DAP (mayores valores entre 5-10 cm; **Figura 7**), no obstante las especies que alcanzan los mayores valores son las mismas reportadas con mayores valores de altura y cobertura (*Alnus acuminata* y *Smallanthus pyramidalis* –plantados, *Eucalyptus globulus* –colonizadores)

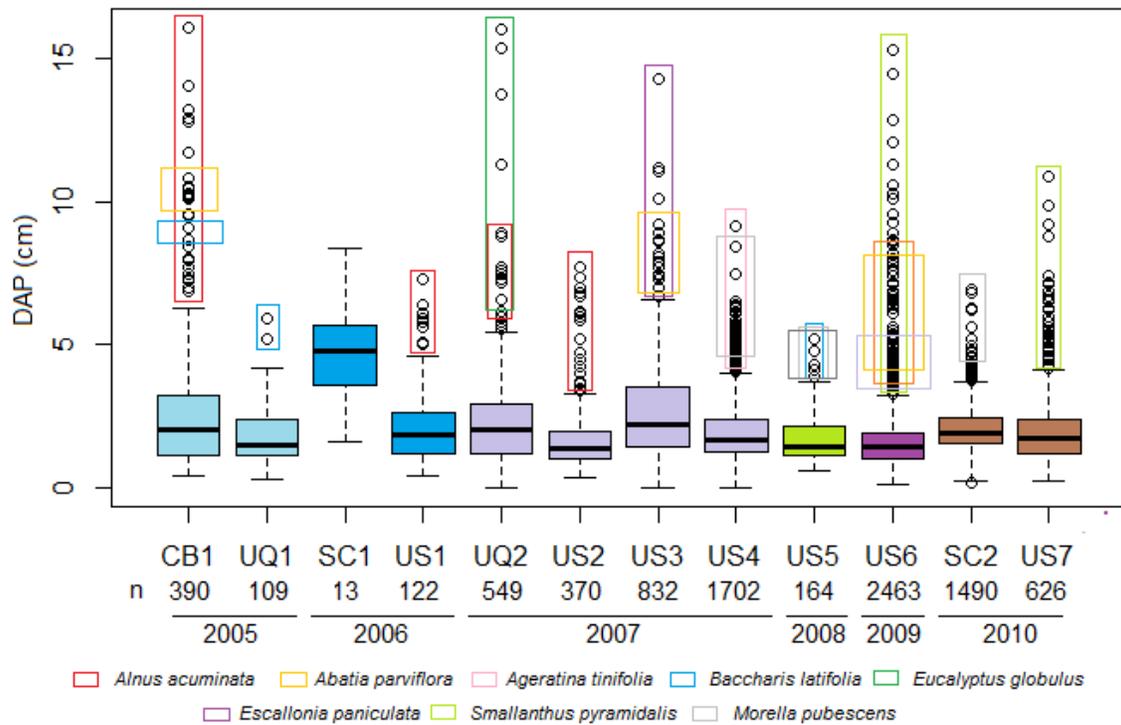


Figura 9. Distribución del DAP(m) en los diferentes proyectos

Al igual que los resultados para las variables altura y cobertura, las especies con mayor número de individuos presentan bajos valores de DAP (< 3,5 cm en promedio) frente a otras como *Eucalyptus globulus* -colonizadora y *Smallanthus pyramidalis* - plantada (5 cm en promedio) sembradas en menos densidad (Figura 10).

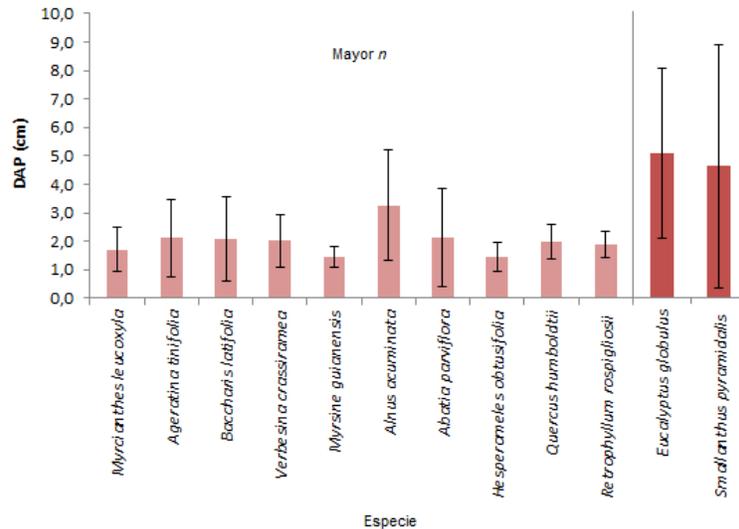


Figura 10. DAP promedio de las diez especies con mayor número de individuos, y las dos especies con mayores valores de altura en los ensayos

6.4. Componente composición

La composición en los diferentes proyectos se evaluó en con base en la información registrada para los individuos plantados, que fueron monitoreados de manera aleatoria. Se evaluó riqueza específica, diversidad y equidad.

- *Riqueza específica (índice de Menhinick)*

Como se observan en la **Figura 11**, en general los proyectos presentan bajos valores de riqueza específica ($DMn < 0.4$), esto establece que el número de especies con relación al número de individuos registrados en cada proyecto es reducido. Sin embargo, es importante resaltar como proyectos con bajo número de individuos como es el caso del proyecto piloto de recuperación de la Microcuenca de la Quebrada Yomasa -US1 y el proyecto de plantación de especie nativas en un área dominada por la presencia de helecho marranero *Pteridium aquilinum* (Kuhn) en la quebrada Hoya de Ramo -US5, se encuentran los mayores valores de riqueza específica, contrastantes con proyectos como el de restauración ecológica de áreas afectadas por *Ulex europaeus* L. Serranía El Zuque -SC2, el proyecto piloto de restauración ecológica participativa de la microcuenca de la quebrada Piedra Gorda -US4 y el de acciones de restauración, rehabilitación y recuperación ecológica en áreas invadidas por retamo espinoso -US6, los cuales a pesar de presentar altos valores en números de individuos cuentan con bajos valores de riqueza específica ($DMn < 0.1$).

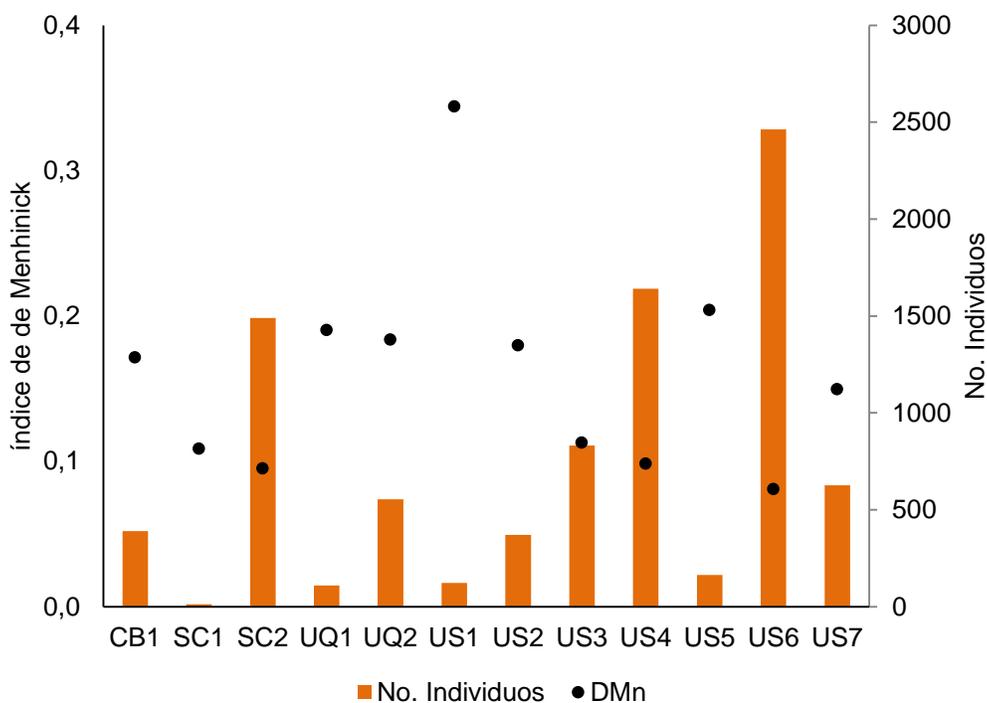


Figura 11. Índice de *Menhinick* para la evaluación de riqueza específica en los diferentes proyectos

- *Diversidad (índice Shannon-Wiener)*

Como se observa en la **Figura 12**, los mayores valores de diversidad de especies se encuentran en el proyecto de consolidación y restauración ecológica del Aula Ambiental Soratama –UQ2 ($H'= 4.4$), mientras que los demás proyectos se encuentran oscilando entre $H'=2.5$ y 3.5 , diversidad media. En contraste, el proyecto de aplicación experimental de mezclas de estériles y biosólidos como una estrategia de restauración en áreas afectadas por la minería a cielo abierto, arenera Juan Rey – SC1 registro un valor muy bajo de diversidad ($H'=0.6$) debido al bajo número de individuos presentes en este ensayo (12) pertenecientes tan solo a dos especies *Baccharis latifolia* y *Verbesina crassiramea*.

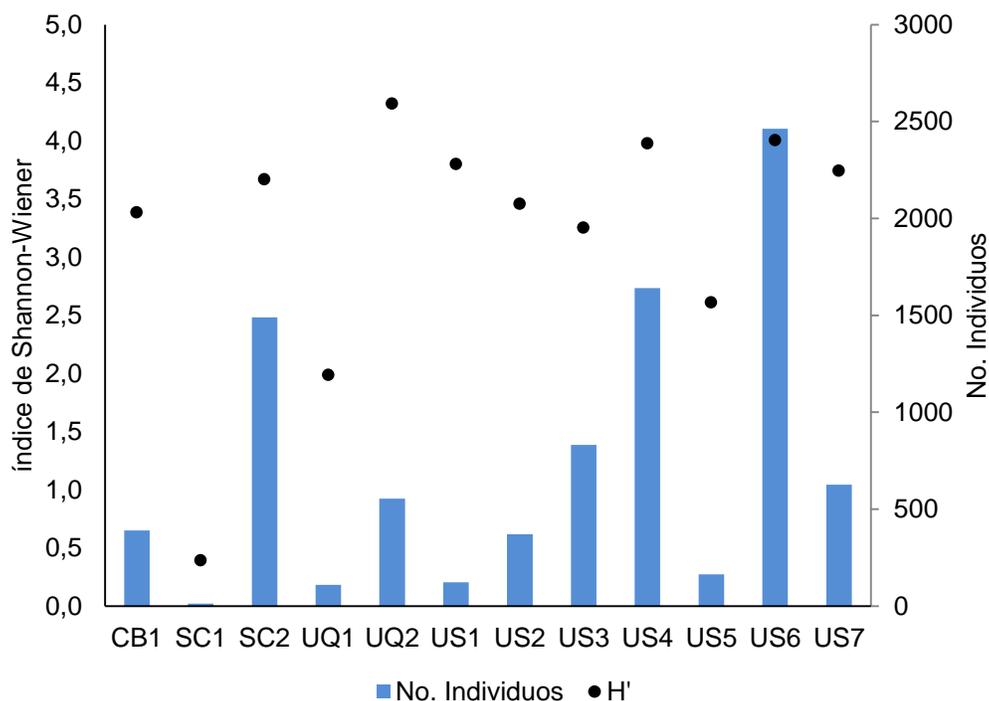


Figura 12. Índice de *Shannon-Wiener* para la evaluación de la diversidad en los diferentes proyectos

- *Equidad (índice Pielou)*

Evaluando el índice de equidad o equitatividad de *Pielou*, se encuentra que en todos los proyectos las abundancias relativas de las especies son bajas ($E_p < 0,6$), con excepción del proyecto piloto de recuperación de la Microcuenca de la Quebrada Yomasa –US1 donde se alcanza un valor del índice superior a 0.5 (**Figura 13**), indicando así que en todos los proyectos las especies no son igualmente distribuidas respecto a la abundancia de los individuos, es decir se han plantado más individuos de unas especies que de otras. Esto bajos valores de inequidad se enfatizan aún más en proyectos donde se registró bajo número de individuos, así como, especies (*e.g.* SC1).

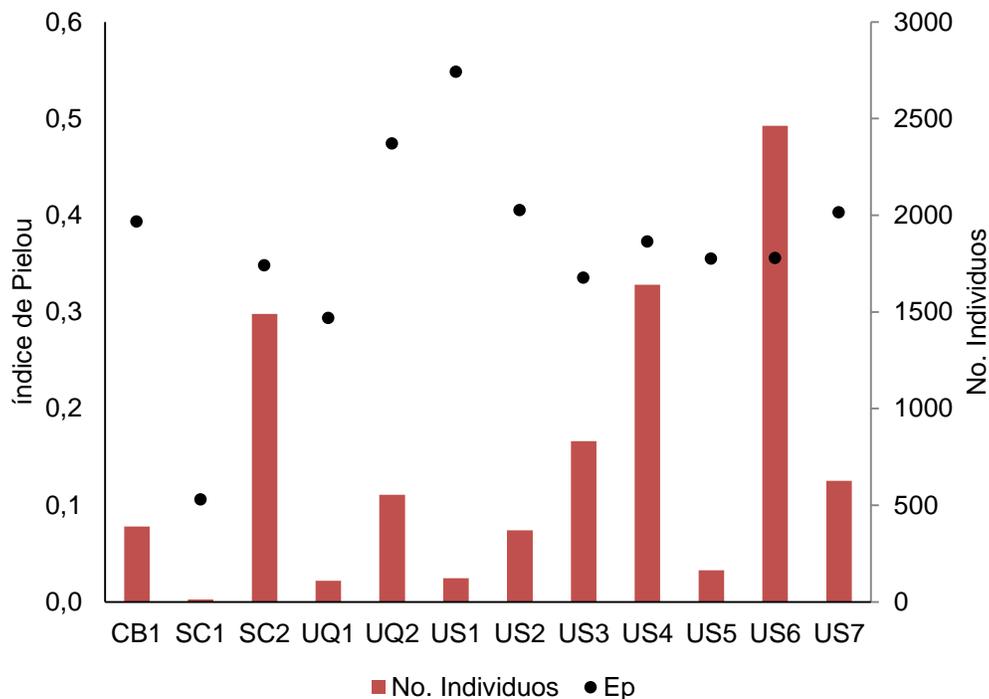


Figura 13. Índice *Pielou* para la evaluación de la equidad en los diferentes proyectos

6.5. Componente función

La valoración funcional de los diferentes proyectos se realizó a partir de la evaluación de la adaptación de las especies estructurantes tanto plantadas, como las que han colonizado los diferentes ensayos. Para esto, se evaluó el grado medio de síntomas sanitarios o afecciones físicas que presentan los individuos, la incidencia e intensidad o severidad de estos síntomas de acuerdo con la metodología propuesta para la evaluación y seguimiento de los proyectos objeto de monitoreo en el presente convenio.

Como se observa en la **Tabla 6**, el 58% las especies presentan al menos una categoría de adaptación diferente de la categoría 1 (alta adaptación). Al evaluar el grado medio de afectación se encontró que 70,5% de las especies se agrupan en la categoría 2 (moderada adaptación), seguida de la categoría 1 (alta adaptación) con el 15,3% de las especies, mientras que las especies que presentaron una categoría 3 o 4 (baja y muy baja adaptación, respectivamente) tan solo se agruparon en un 14%. No obstante el 72% de las especies presentaron una incidencia superior al 50% de individuos vegetales con presencia de síntomas sanitarios o afecciones físicas (afectados) respecto al total de individuos registrados. Por último, al evaluar la severidad de esta incidencia se encontró que el 41% de las especies registraron un valor superior al 50% en la intensidad de los síntomas sanitarios o afecciones físicas de las estructuras morfológicas de los individuos.

Tabla 6. Porcentaje de individuos por categoría de adaptación a los proyectos; grado medio de síntomas sanitarios (GM), incidencia (ICN) e intensidad o severidad (I)

Especie	Porcentaje de individuos por categoría de afectación				GM	INC	I
	1	2	3	4			
<i>Abatia parviflora</i>	69,7	24,4	5,8	0,2	1,4	30	34,1
<i>Ageratina aristei</i>		100,0			2,0	100	50,0
<i>Ageratina sp.</i>	30,0	40,0	20,0	10,0	2,1	70	52,5
<i>Ageratina tinifolia</i>	56,8	22,8	11,4	9,0	1,7	43	43,1
<i>Alnus acuminata</i>	45,1	38,0	11,4	5,5	1,8	55	44,3
<i>Baccharis bogotensis</i>	48,9	36,2	11,7	3,2	1,7	51	42,3
<i>Baccharis latifolia</i>	37,4	43,0	17,1	2,5	1,8	63	46,2
<i>Baccharis sp.</i>		50,0		50,0	3,0	100	75,0
<i>Berberis rigidifolia</i>		22,2	11,1	50,0	2,9	83	73,6
<i>Billia rosea</i>	14,0	42,1	36,0	7,9	2,4	86	59,4
<i>Bucquetia glutinosa</i>	81,8	9,1		9,1	1,4	18	34,1
<i>Cavendishia cf. bracteata</i>	25,9	63,0	11,1		1,9	74	46,3
<i>Cecropia sp.</i>	50,0	50,0			1,5	50	37,5
<i>Cedrela montana</i>	50,0	35,0	10,0	5,0	1,7	50	42,5
<i>Cestrum mutisii</i>	8,0	52,0	28,0	12,0	2,4	92	61,0
<i>Cestrum sp.</i>		100,0			2,0	100	50,0
<i>Chusquea cf. scandens</i>	100,0				1,0	0	25,0
<i>Citharexylum subflavescens</i>	66,7	16,7	16,7		1,5	33	37,5
<i>Clethra sp.</i>		100,0			2,0	100	50,0
<i>Clusia multiflora</i>	30,9	38,2	27,3	3,6	2,0	69	50,9
<i>Delostoma integrifolium</i>	33,3	33,3	11,1	22,2	2,2	67	55,6
<i>Diplostegium rosmarinifolium</i>	38,9	16,7	24,1	20,4	2,3	61	56,5
<i>Diplostegium sp.</i>	23,1	57,7	15,4	3,8	2,0	77	50,0
<i>Dodonaea viscosa</i>	46,7	46,7		6,7	1,7	53	41,7
<i>Duranta mutisii</i>	56,4	29,0	12,4	2,3	1,6	44	40,2
<i>Escallonia myrtilloides</i>	54,2	11,9	6,8	27,1	2,1	46	51,7
<i>Escallonia paniculata</i>	63,1	33,5	3,0	0,5	1,4	37	35,2
<i>Escallonia pendula</i>	80,0	20,0			1,2	20	30,0
<i>Escallonia tubar</i>	55,8	36,8	6,3	1,1	1,5	44	38,2
<i>Eucalyptus globulus</i>	20,0	66,7	13,3		1,9	80	48,3
<i>Eugenia sp.</i>	0,7	24,3	58,6	16,4	2,9	99	72,7
<i>Eupatorium sp.</i>			100,0		3,0	100	75,0
<i>Ficus andicola</i>	3,5	25,7	48,7	22,1	2,9	96	72,3
<i>Ficus tequendamae</i>	44,7	36,8	13,2	5,3	1,8	55	44,7
<i>Gaiadendron punctatum</i>	11,8	70,6	17,6		2,1	88	51,5
<i>Gaultheria myrsinoides</i>	100,0				1,0	0	25,0
<i>Hesperomeles goudotiana</i>	17,1	25,6	20,7	36,6	2,8	83	69,2

<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	19,2	35,0	32,7	13,1	2,4	81	59,9
<i>Hypericum juniperinum</i>	50,0	42,9	7,1		1,6	50	39,3
<i>Lantana sp.</i>		100,0			2,0	100	50,0
<i>Ligustrum japonicum</i>	93,8	6,3			1,1	6	26,6
<i>Lupinus bogotensis</i>	36,6	26,8	22,0	14,6	2,1	63	53,7
<i>Macleania sp.</i>	66,7	33,3			1,3	33	33,3
<i>Meriania nobilis</i>	50,0	25,0	25,0		1,8	50	43,8
<i>Miconia sp.</i>				100,0	4,0	100	100,0
<i>Miconia squamulosa</i>	73,4	23,4	3,1		1,3	27	32,4
<i>Monnina aestuans</i>	15,4	73,1	11,5		2,0	85	49,0
<i>Monochaetum myrtoideum</i>	68,3	25,2	6,5		1,4	32	34,6
<i>Morella parvifolia</i>	42,6	50,8	6,6		1,6	57	41,0
<i>Morella pubescens</i>	52,6	31,7	14,3	1,3	1,6	47	41,1
<i>Myrcianthes leucoxylla</i>	38,3	45,4	12,1	4,1	1,8	62	45,5
<i>Myrcianthes rhopaloides</i>	55,6	22,2	11,1	11,1	1,8	44	44,4
<i>Myrsine coriacea</i>	36,4	51,5	9,1	3,0	1,8	64	44,7
<i>Myrsine guianensis</i>	34,0	47,3	13,9	4,9	1,9	66	47,4
<i>Oreopanax incisus</i>	40,6	36,0	16,8	6,6	1,9	59	47,3
<i>Palicourea lineariflora</i>	100,0				1,0	0	25,0
<i>Pentacalia corymbosa</i>		100,0			2,0	100	50,0
<i>Piper bogotense</i>				100,0	4,0	100	100,0
<i>Pittosporum undulatum</i>	100,0				1,0	0	25,0
<i>Podocarpus oleifolius</i>	32,9	32,9	24,7	9,5	2,1	67	52,7
<i>Pyracantha coccinea</i>	100,0				1,0	0	25,0
<i>Quercus humboldtii</i>	29,7	51,5	17,3	1,5	1,9	70	47,7
<i>Retrophyllum rospigliosii</i>	21,9	63,9	14,2		1,9	78	48,1
<i>Salix humboldtiana</i>	16,7	33,3	33,3	16,7	2,5	83	62,5
<i>Sambucus nigra</i>	38,5	38,5	23,1		1,8	62	46,2
<i>Senna viarum</i>	11,1	66,7	22,2		2,1	89	52,8
<i>Smallanthus pyramidalis</i>	68,9	24,3	5,4	1,4	1,4	31	34,8
<i>Solanum oblongifolium</i>	37,1	34,8	27,0	1,1	1,9	63	48,0
<i>Tecoma stans</i>	11,5	53,8	30,8	3,8	2,3	88	56,7
<i>Vaccinium floribundum</i>	100,0				1,0	0	25,0
<i>Vallea stipularis</i>	25,8	40,3	23,9	10,1	2,2	74	54,6
<i>Verbesina crassiramea</i>	30,1	44,1	19,9	5,9	2,0	70	50,4
<i>Viburnum tinoides</i>	28,4	49,3	20,9	1,5	2,0	72	48,9
<i>Viburnum triphyllum</i>	24,5	36,2	31,9	7,4	2,2	76	55,6
<i>Weinmannia microphylla</i>	16,9	50,7	28,2	4,2	2,2	83	54,9
<i>Weinmannia tomentosa</i>	43,7	38,0	16,9	1,4	1,8	56	44,0
<i>Weinmannia trianaea</i>	50,0	33,3	16,7		1,7	50	41,7
<i>Xylosma sp.</i>	3,1	71,9	21,9	3,1	2,3	97	56,3
<i>Xylosma spiculifera</i>	45,1	39,1	11,6	4,3	1,8	55	43,8

6.6. Componente edafofauna

El componente de edafofauna fue monitoreado en dos de los trece proyectos, a partir de tres métodos diferentes de muestreo en las parcelas con biosólidos de las antiguas canteras de Soratama y Juan Rey. Se instalaron 5 trampas de caída y se tomaron 2 muestras de suelo por cada tratamiento de biosólidos y un control en cada área. Las trampas de caída se utilizaron para la captura de edafofauna epigea y las muestras de suelo se recogieron a dos profundidades para extraer la edafofauna hipogea por los métodos manual y Berlese.

En total se colectaron **1424** individuos por los dos proyectos, siendo mayor la cantidad en Juan Rey (**Tabla 7**). El método por el cual se colectaron más individuos fue el de trampas de caída.

Tabla 7. Número de individuos obtenidos en el monitoreo de edafofauna.

Área/ Método	Trampas de caída	Extracción manual	Extracción por Berlese	Total
Soratama	255	30	8	293
Juan Rey	823	283	25	1131
Total general	1078	313	33	1424

Se registraron 72 grupos de invertebrados, incluyendo formas inmaduras e indeterminadas, agrupados en el número de filos, clases, órdenes y familias presentados en la **Tabla 8**. Se encontraron 55 grupos en las parcelas con biosólidos de Soratama y 46 en las parcelas de Juan Rey. La **Tabla 9** presenta la relación de estos grupos según el área. En el caso de Soratama se presentaron 27 grupos exclusivos y 18 en Juan Rey.

Tabla 8. Riqueza de edafofauna en dos proyectos de restauración ecológica con implementación de biosólidos en el Distrito Capital.

Área	Filos	Clases	Órdenes	Familias
Soratama	3	7	19	37
Juan Rey	4	7	12	33

Tabla 9. Grupos taxonómicos de edafofauna encontrados en las parcelas con biosólidos en Soratama y Juan Rey.

Clase	Orden	Familia	Soratama	Juan Rey
Arachnida	Acari	-		
Arachnida	Aranae	Lycosidae		
Arachnida	Aranae	-		
Arachnida	Opiliones	-		
Chilopoda	-	-		
Crustacea	Isopoda	Armadellidae		
Crustacea	Isopoda	Otros		
Diplopoda	-	-		

Gastropoda	-	-		
Hexapoda	Collembola	Entomobryidae		
Hexapoda	Collembola	Hypogastruridae		
Hexapoda	Collembola	Isotomidae		
Hexapoda	Collembola	Onychiuridae		
Hexapoda	Collembola	Sminthuridae		
Insecta	Archeognatha	Meinertellidae		
Insecta	Blattaria	Inmaduros		
Insecta	Coleoptera	Cantharidae		
Insecta	Coleoptera	Carabidae		
Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae		
Insecta	Coleoptera	Curculionidae		
Insecta	Coleoptera	Elateridae		
Insecta	Coleoptera	Larvas		
Insecta	Coleoptera	Nitidulidae		
Insecta	Coleoptera	Ptiliidae		
Insecta	Coleoptera	Scarabaeidae		
Insecta	Coleoptera	Scydmaenidae		
Insecta	Coleoptera	Staphylinidae		
Insecta	Dermaptera	Forficulidae		
Insecta	Dermaptera	Otros		
Insecta	Diptera	Braulidae		
Insecta	Diptera	Cecidomyiidae		
Insecta	Diptera	Drosophilidae		
Insecta	Diptera	Otros		
Insecta	Diptera	Larvas		
Insecta	Diptera	Muscidae		
Insecta	Diptera	Otros		
Insecta	Diptera	Phoridae		
Insecta	Diptera	Psychodidae		
Insecta	Diptera	Sciaridae		
Insecta	Diptera	Tipulidae		
Insecta	Hemiptera	Lygaeidae		
Insecta	Homoptera	Aphididae		
Insecta	Homoptera	Cercopidae		
Insecta	Homoptera	Cicadellidae		
Insecta	Homoptera	Coccidae		
Insecta	Homoptera	Delphacidae		
Insecta	Homoptera	Inmaduros		
Insecta	Hymenoptera	Diapriidae		
Insecta	Hymenoptera	Formicidae		
Insecta	Hymenoptera	Ichneumonidae		
Insecta	Hymenoptera	Mymaridae		
Insecta	Hymenoptera	Otros		
Insecta	Hymenoptera	Platygastridae		
Insecta	Hymenoptera	Proctotrupidae		
Insecta	Hymenoptera	Scelionidae		

Insecta	Hymenoptera	Trichogrammatidae		
Insecta	Hymenoptera	Vespidae		
Insecta	Lepidoptera	-		
Insecta	Mantodea	Mantidae		
Insecta	Orthoptera	Acrididae		
Insecta	Orthoptera	Inmaduros		
Insecta	Orthoptera	-		
Insecta	Phasmida	Pseudophasmatidae		
Insecta	Psocoptera	-		
Insecta	Siphonaptera	-		
Insecta	Thysanoptera	Phlaeothripidae		
Insecta	Thysanoptera	Thripidae		
Insecta	-	Pupas		
Insecta	Homoptera	Inmaduros		
Nematoda (filo)	-	-		
Oligochaeta	Haplotaxida	Enchytraeidae		
Oligochaeta	Haplotaxida	Lumbricidae		

- **Riqueza específica por tratamientos**

La **Figura 15** muestra la riqueza específica obtenida para la edafofauna epigea e hipogea en los proyectos de restauración con biosólidos. Se obtuvo que la riqueza es mucho mayor para la edafofauna epigea en Soratama en todos los tratamientos y el control. La edafofauna hipogea tuvo mayor riqueza en el tratamiento 5 de Juan Rey.

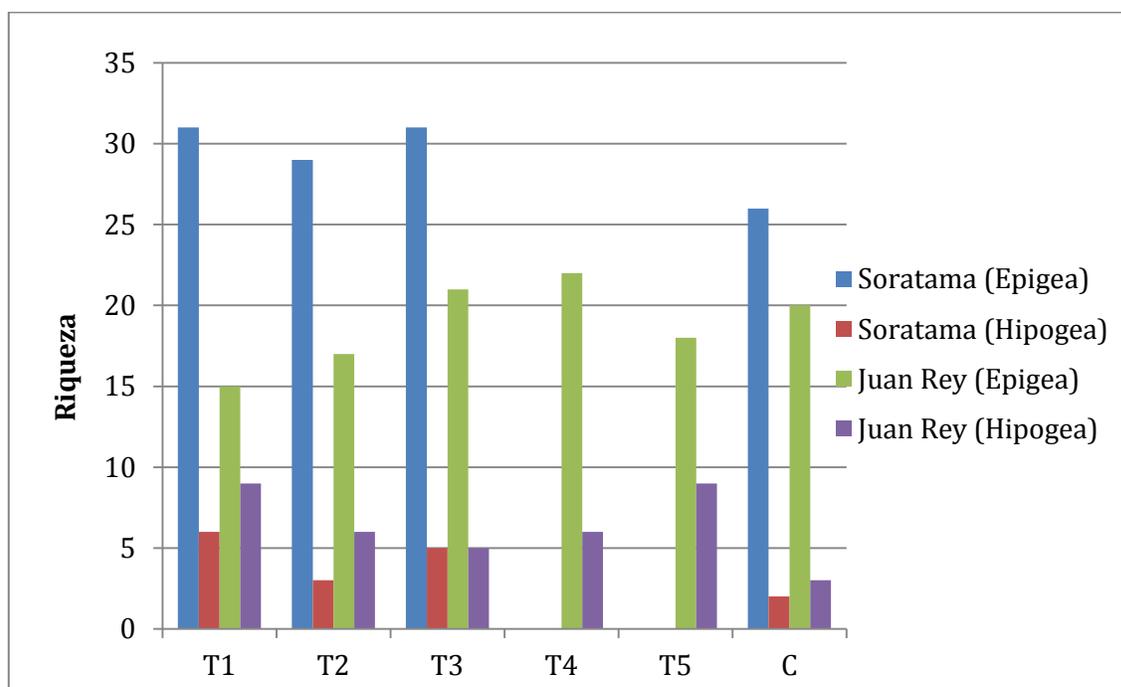


Figura 15. Riqueza específica de edafofauna en proyectos con biosólidos.

- **Diversidad alfa y beta**

La **Figura 16** muestra y compara los valores de índices de diversidad de Shannon-Weaver (H'), equidad de Shannon (J') y dominancia de Simpson (D') de las comunidades de edafofauna epigea encontradas. La diversidad de las comunidades es mayor en Soratama en los tratamientos implementados allí; sin embargo, el control presenta mayor diversidad en Juan Rey que en Soratama. La Equidad presenta una tendencia similar en ambas partes, pero la dominancia tiende a ser superior en los tratamientos de Juan Rey e inferior en el control.

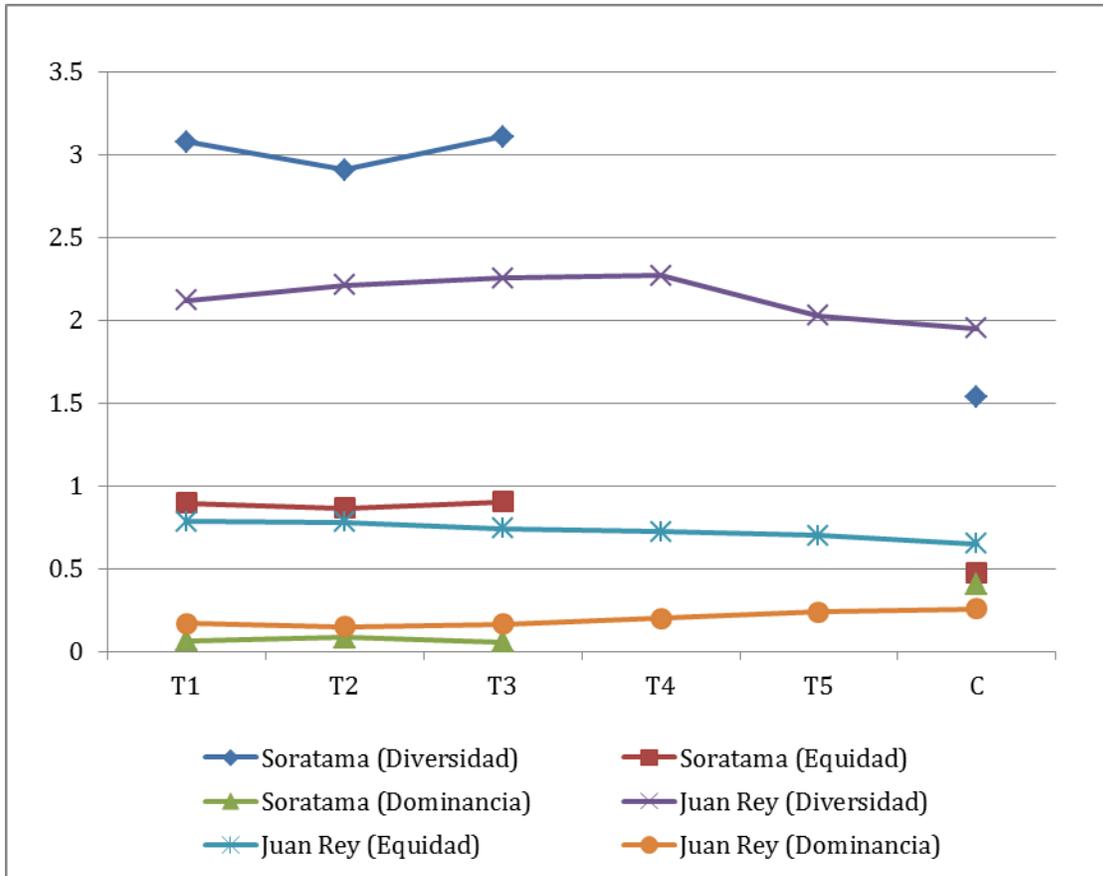


Figura 16. Diversidad, Equidad y Dominancia de las comunidades de invertebrados epigeos en los proyectos con biosólidos.

La diversidad beta basada en el cálculo del índice de Bray-Curtis estableció que en el caso de Soratama las comunidades con mayor similitud son las de los tratamientos 1 y 3. En Juan Rey las comunidades con mayor similitud en cambio fueron las de los tratamientos 4 y 5. En ambos casos la comunidad de la parcela control no estuvo asociada a ninguna comunidad de los tratamientos, es decir, hay mayor similitud entre los tratamientos que comparando los tratamientos con el control.

- **Abundancia**

La **Tabla 10** presenta los grupos de invertebrados con mayor abundancia en cada uno de los estratos. En las parcelas de Soratama se observa la variedad de grupos abundantes en el horizonte superficial (estrato epigeo) de las parcelas con tratamientos y el predominio de las larvas de coleópteros en los horizontes subsuperficiales (estrato hipogeo) en todos los casos. En las parcelas de Juan Rey es evidente el predominio de los dípteros en el estrato epigeo y lumbrícidos en el estrato hipogeo en la mayoría de los tratamientos.

Tabla 9. Grupos de invertebrados más abundantes en la edafofauna de las parcelas con biosólidos en Soratama y Juan Rey.

Estratos		T1	T2	T3	T4	T5	C	
Soratama	Epigea	Rasante	-Isopoda	- Cicadellidae	-Aranae, -Phoridae - Homoptera (I)	-	-	- Entomobryidae
	Hipogea	0-10 cm	-Nematoda	-Coleoptera (L)	- Coleoptera (L)	-	-	-Coleoptera (L)
		10-20 cm	-Coleoptera (L) -Diptera (L)	Nematoda	- Coleoptera (L)	-	-	-
Juan Rey	Epigea	Rasante	-Diptera	-Diptera	-Diptera	-Diptera	-Diptera	-Diptera
	Hipogea	0-10 cm	- Enchytraeidae	Lumbricidae	-Diplopoda	Lumbricidae	- Lumbricidae	-Gastropoda
		10-20 cm	-Lumbricidae	- Lumbricidae	-	Lumbricidae	- Lumbricidae	-

L = Larvas, I = Inmaduros

- **Grupos funcionales**

La **Figura 17** presenta la distribución de porcentajes de abundancia de los grupos funcionales de invertebrados correspondientes a las comunidades encontradas en los tratamientos y el control de los proyectos de restauración con biosólidos. En Soratama existe una distribución más repartida de los grupos, con cierta tendencia al predominio de los fitófagos y predadores, y con mayor representación de los organismos microfíticos en comparación con Juan Rey. En Juan Rey se destacan los tratamientos con mayor concentración de biosólidos por tener mayor porcentaje de organismos saprófagos, al igual que el control.

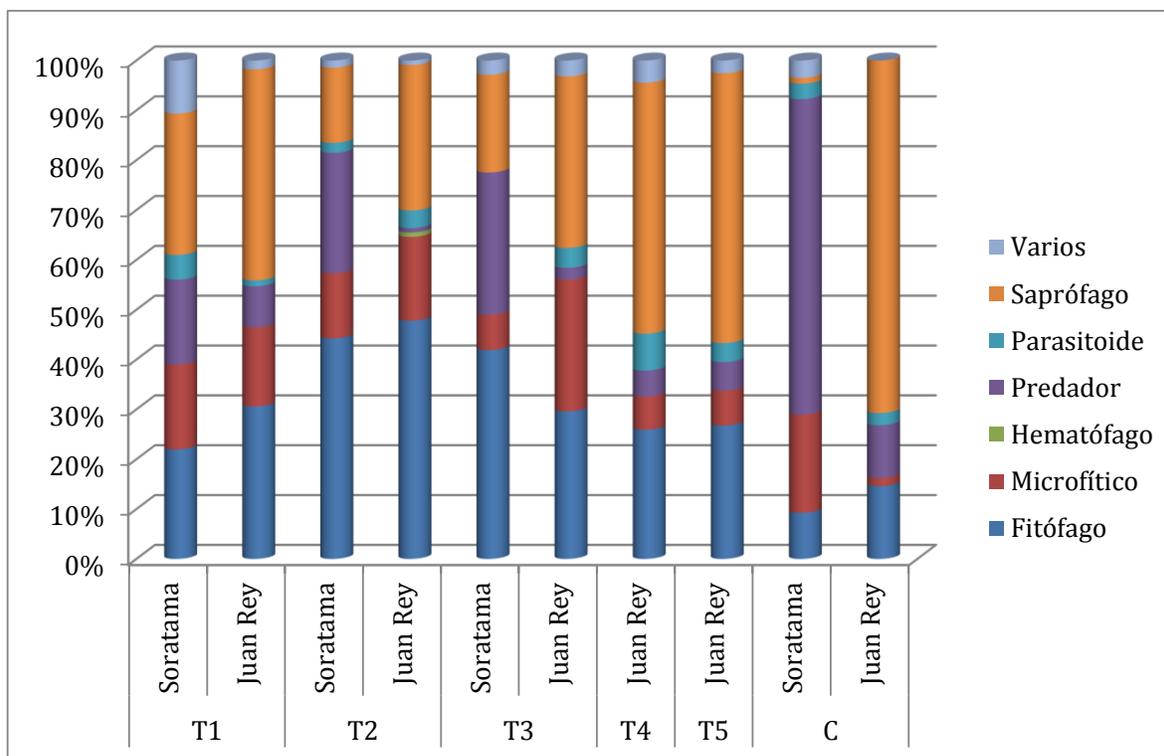


Figura 17. Porcentajes de abundancia de los grupos funcionales de los invertebrados del suelo encontrados en los proyectos de biosólidos.

- **Análisis de la edafofauna encontrado**

Las comunidades de invertebrados del suelo son altamente susceptibles a los cambios en la conformación de la vegetación, principalmente aquellas que se encuentra en el estrato epigeo. Las diferencias fisonómicas de la vegetación en las parcelas con biosólidos son comparativamente diferentes entre los dos casos estudiados. Por un lado, en Soratama la colonización de la vegetación en las parcelas con tratamientos es bastante evidente y cuenta con el desarrollo de diferentes estratos, pero en el control la colonización es incipiente. En Juan Rey todas las parcelas, incluyendo el control, presentan desarrollo de una matriz herbácea de *Pennisetum clandestinum* (pasto kikuyo). En Soratama el desarrollo del horizonte orgánico del suelo se encuentra aún en proceso, y en Juan Rey la acumulación de materia orgánica en este horizonte está más avanzada.

Las diferencias señaladas anteriormente entre los dos sitios, pueden relacionarse con las diferencias entre la edafofauna encontrada. Si bien se estableció que el efecto de los tratamientos es aparentemente igual luego del tiempo, y se evidencia como tendencia el desarrollo de comunidades con mayor riqueza y diversidad en comparación con las del control, es posible identificar que en el caso de Juan Rey la sucesión detenida provista por el desarrollo de la matriz de pasto kikuyo, condiciona el desarrollo de comunidades con mayor abundancia de organismos predadores y favorece la proliferación especialmente de dípteros cuyo hábito alimenticio en el suelo

es principalmente saprófago. Cuando existe desarrollo de diferentes estratos de vegetación, y principalmente existe el estrato arbustivo o arbóreo, los grupos predadores, detritívoros y saprófagos tienden a concentrarse en el estrato rasante y el suelo, desplazando a los fitófagos a estratos superiores. Sin embargo, aún se observa un buen porcentaje de abundancia de fitófagos en las parcelas con tratamientos, debido a la presencia y cobertura del estrato herbáceo, y mucho más en Juan Rey con la dominancia de *P. clandestinum*.

7. CONCLUSIONES

La estrategia de realizar proyectos piloto de restauración en diferentes localidades y disturbios presentados es pertinente ya que en cada caso la información generada en el monitoreo de los proyectos es útil para el análisis crítico y propositivo de las intervenciones y la evolución de los procesos así como para la mejor toma de decisiones para posibles futuras intervenciones.

La implementación de los proyectos ha fortaleció la capacidad de la secretaria y ha dejado una experiencia y lecciones aprendidas tanto positivas como negativas que deben ser potencializadas en la estructuración, ejecución y seguimiento de nuevos proyectos de restauración.

Se debe continuar con el monitoreo de los proyectos para poder documentar cada una de las experiencias y así periódicamente poder hacer los ajustes necesarios en los procesos que no han tenido los resultados esperados y replicar las experiencias positivas y aprendizajes en otras zonas del distrito, para evitar la repetición de errores y ampliar las experiencias más exitosas.

Los proyectos deben tener desde su formulación unos indicadores o mecanismos para medir los beneficios ambientales que generaron. Al sumar a esta situación la ausencia de líneas base algunos proyectos en algunos casos no es posible identificar sus resultados agregados o el cálculo de los beneficios o pasivos ambientales.

Se debe incluir el componente de monitoreo desde la misma formulación de los proyectos para así poder a lo largo del tiempo comprobar la efectividad de las inversiones realizadas y poder hacer nuevas intervenciones y mantenimientos requeridos con un criterio objetivo basado en datos confiables.

La estandarización de la metodología ajustada para el presente convenio, referente a marcación y técnicas de medición de los individuos vegetales, permitirá la evaluación y seguimiento de cada uno de los individuos estructurantes en los ensayos, así como, la vegetación asociada a estos. Ampliando el nivel de detalle frente al incremento diamétrico, en altura y cobertura de cada una de las especies, individuo a individuo, y las dinámicas de ingreso y salida de nuevas especies en las áreas de monitoreo. Esto generara mejores aproximaciones sobre la evolución de los ensayos y la eficacia de su implementación.

Algunas de las plantaciones se hicieron replicando parte de los modelos utilizados en plantaciones protectoras desde hace años como distancias y densidades de siembra, concentración de la plantación en pocas especies y familias (solo el 22% de las especies tiene el 80% de los individuos plantados y el 78% de las especies registradas presentan menos de 100 individuos menos del 1% por especie), se mantienen recetas para preparación de suelos y fertilización de las plantas sin tener en cuenta los análisis de suelos previos, sin hacer ajustes a los tratamientos de acuerdo a las condiciones particulares de cada sitio, ni dar mayor relevancia a algunos de los conceptos de la restauración ecológica como los ecosistemas de referencia, la selección de especies y sus gremios ecológicos, entre otros.

Se encontraron en los proyectos 8 especies exóticas y 11 nativas que no corresponden con el ecosistema de referencia, las cuales deben ser analizadas si son o no pertinentes para continuar siendo utilizadas en este tipo de proyectos.

Se debe ampliar el uso de mayor número de especies nativas propias del ecosistema de referencia para mejorar la diversidad y no se debe concentrar la plantación en pocas especies ya que esto hace más sensible la ocurrencia de plagas y enfermedades, se están limitando las especies a la poca oferta encontrada en los viveros.

En los ensayos en los cuales se usó una mayor densidad de siembra se evidencia un mejor desarrollo de la vegetación, en los cuales se hizo la plantación a mayores distancias el material se encuentra con menor desarrollo y se ha visto más afectado por heladas, sequía y plagas.

Se debe establecer un programa de Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE) para mantener permanentemente un monitoreo fitosanitario continuo y así identificar a tiempo posibles plagas o enfermedades que afecten drásticamente los proyectos para tomar las medidas pertinentes oportunamente.

Se están utilizando principalmente especies pioneras heliófitas que tienen un crecimiento rápido pero un turno de vida relativamente corto lo cual es positivo en el corto plazo porque se generan coberturas rápidamente pero en el largo plazo no se está consiguiendo una vegetación en un estadio de sucesión superior, también se deben incluir especies semi heliófitas y humbrofilas típicas del bosque más maduro.

El monitoreo de edafofauna es un indicador que debe utilizarse mayormente para establecer el estado de los procesos de restauración ya que genera información rápidamente sobre el avance de la restauración en cada lugar.

Se deben continuar haciendo ensayos con biosólidos para la restauración de áreas fuertemente degradadas sin embargo es necesario tener en cuenta el origen de los biosólidos, su inocuidad y la cercanía con áreas urbanas para evitar posibles impactos negativos.

Se deben incluir en nuevos proyectos otros tratamientos combinados que pueden llegar a tener buenos resultados en procesos de restauración como lo son el uso de biomantos, hidrosiembra, fajinas, des compactación con subsolado, traslado de sustratos, compostaje entre otros, así mismo se deben incluir tratamientos para fomentar la presencia de fauna en las áreas en proceso de restauración.

No se han incluido en el proceso de monitoreo variables que cuantifiquen el impacto social, económico y ambiental de los proyectos que permitan tener una evaluación más integral del cumplimiento de los objetivos propuestos y la eficacia de las inversiones realizadas.

8. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los datos y resultados obtenidos en los diferentes proyectos se hace una serie de recomendaciones que se agrupan principalmente en cuatro aspectos: a) Recomendaciones sobre la formulación de proyectos de restauración; b) Recomendaciones sobre el uso y manejo de las especies; c) Recomendaciones sobre el mantenimiento de los proyectos; d) Recomendaciones sobre el monitoreo.

8.1. Recomendaciones sobre la formulación de proyectos de restauración

Tabla 10. Recomendaciones sobre la formulación de proyectos de restauración

ASPECTO	RECOMENDACIONES
Capacitación para la formulación y formulación de plan de intervención y manejo:	<p>Cada proyecto de restauración se debe formular teniendo en cuenta el ciclo de proyecto que puede ser de corto, mediano o largo plazo, para lo cual se debe tener una guía o plan de intervención y manejo, que incluya el tiempo de alistamiento, y los pasos propuestos por Vargas (2007) cada uno con unas metas, actividades y presupuesto definido.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definir el ecosistema o comunidad de referencia. 2. Evaluar el estado actual del ecosistema que se va a restaurar. 3. Definir las escalas y niveles de organización. 4. Establecer las escalas y jerarquías de disturbio. 5. Lograr la participación comunitaria. 6. Evaluar el potencial de regeneración del ecosistema. 7. Establecer los tensionantes para la restauración a diferentes escalas. 8. Seleccionar las especies adecuadas para la restauración. 9. Domesticación, propagación y manejo de las especies. 10. Seleccionar los sitios. 11. Diseñar estrategias para superar los tensionantes para la restauración. 12. Monitorear el proceso de restauración. 13. Consolidar el proceso de restauración. <p>Los pasos propuestos no necesariamente se deben seguir en el mismo orden, ni es necesario aplicarlos todos, todo depende de la particularidad de los sitios, el grado de alteración, de las escalas y los objetivos propuestos.</p>

ASPECTO	RECOMENDACIONES
Tiempo de alistamiento:	Se debe incluir un tiempo de alistamiento que requiere todo proyecto para su inicio, tiempo en el cual se tramita el desembolso, se contrata el personal necesario, los insumos y se inicia la producción del material vegetal en el caso que se requiera, se determinan predios, áreas definitivas y especies a plantar en cada lote. La falta de este tiempo de alistamiento lleva al incumplimiento en los cronogramas y a que se alargaran los tiempos de ejecución.
Ecosistema de referencia:	Algunos de los proyectos carecieron de información detallada que permitiera establecer el ecosistema de referencia y una línea base <i>ex ante</i> de la intervención, se debe tener el listado de especies presentes en el ecosistema de referencia y listado de especies estratégicas que se pueden utilizar en la restauración
Análisis de suelos:	No se evidencio en los proyectos la realización de análisis de suelos previos a la ejecución, se debe contar con información técnica básica previa de las propiedades físicas, químicas, pH, contenido de materia orgánica, compactación etc., de los suelos de las áreas a intervenir en diferentes alturas y topografías.
Fomento de especies amenazadas o en peligro:	Se debe establecer un porcentaje mínimo de especies y familias catalogadas en estas categorías para ser incluidas en los proyectos como las Lauráceas, y Meliáceas entre otras.
Programa de fertilización:	A partir de los estudios de suelos se debe establecer un programa de fertilización tanto para el establecimiento como en los mantenimientos que se defina hacer. Las deficiencias nutricionales hacen las plantas más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades y limita el desarrollo del material.
Inclusión de microorganismos benéficos	Debido a que los suelos a restaurar generalmente están bastante alterados es pertinente incluir la aplicación de micorrizas y rizobium entre otros microorganismos que pueden mejorar las condiciones de los suelos y el desarrollo del material vegetal.
Ampliación del número de especies producidas en vivero y utilizadas para restauración	Se debe fomentar un mayor conocimiento y uso en el número de especies nativas propias de los ecosistemas de referencia, no se debe concentrar la plantación en pocas especies ya que esto hace más sensible la ocurrencia de plagas y enfermedades, se debe fomentar la recolección de semillas, producción y oferta en vivero de las especies nativas destinadas para los procesos de restauración.
Calidad genética del material:	En la mayoría de proyectos no se tuvo en cuenta este aspecto fundamental en los programas de conservación, no se tuvo presente el origen y procedencia del material reproductivo, las fuentes de las semillas no se han identificado, en la mayoría de casos no hay trazabilidad genética. En ocasiones por considerarse que son proyectos de restauración erróneamente se asume que el componente genético no es importante y no se tuvo en cuenta en los proyectos.
Calidad física de material vegetal:	Se deben establecer unos lineamientos de calidad para el material vegetal de las especies utilizadas para los proyectos de restauración, en los que se incluya la altura mínima, el tamaño del contenedor, sanidad y presentación de la planta y la inoculación de microorganismos benéficos como lo son las micorrizas.

ASPECTO	RECOMENDACIONES
Plantación:	<p>Al no hacerse estudios de suelos previos no se contemplaron actividades de preparación de terreno como subsolado o rastrillado que buscan la descompactación del suelo principalmente en zonas ganaderas.</p> <p>Se debe incluir la aplicación de retenedores de humedad que contribuyen a mejorar la sobrevivencia del material vegetal en verano.</p> <p>Se establecieron diseños para la distribución de las especies en campo, pero no se tuvieron en cuenta los gremios ecológicos de las especies (heliófitas, semiheliófitas, umbrofilas). Se deben replantar los módulos que se están formulando, ya que en campo en algunos casos no se están dando los resultados óptimos.</p> <p>Se deben ensayar plantaciones con una mayor densidad de siembra pasar de 1100 árboles por hectárea y distancias de 3m x 3m a densidades de 2500 a 3000 plantas por hectárea y distancias de 2m x 2m a 1.8m x 1.8 m.</p>
Manejo y control de plagas y enfermedades:	<p>Se deben asignar recursos para el manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE).</p> <p>Debido a las deficiencias nutricionales las plantas son más susceptibles a los ataques de plagas y la presencia de enfermedades, en visitas de campo se observaron plagas (coleópteros) en amargoso y aliso, y enfermedades en arrayan</p>
Mantenimientos:	<p>Se debe incluir nuevas intervenciones para hacer enriquecimiento con especies umbrofilas que tienen baja cantidad de individuos por los disturbios generados para aumentar la diversidad y riqueza</p>
Monitoreo:	<p>Se debe contemplar desde el principio de cada proyecto y asignar recursos específicos para desarrollarlo.</p>

8.2. Recomendaciones sobre el uso y manejo de las especies

a) Tener en cuenta los gremios ecológicos de las especies:

Para conseguir que un proceso de restauración de vegetación sea exitoso este debe ser abordado con una visión sistémica en la cual se tienen en cuenta todos los factores que intervienen en un ecosistema. Dentro de las principales variables a analizar se encuentran los gremios ecológicos de las especies a utilizar ya que dependiendo de estos es posible definir la mejor ubicación, adaptabilidad y desarrollo de la vegetación implantada.

El término gremio se define como un grupo de especies que explota la misma clase de recursos del medioambiente de una manera similar. El gremio agrupa especies que solapan significativamente en sus requerimientos de nicho, sin considerar la posición taxonómica.

Debido a que la luz es reconocida como el factor ambiental que presenta mayor variación, las especies forestales se clasifican en función a su respuesta a la variación de este recurso. Acompañando al gradiente del recurso luz en el ambiente, las especies

han desarrollado dos estrategias biológicas extremas básicas conocidas como esciofitismo o tolerancia a la sombra y heliofitismo o intolerancia a la sombra (Whitmore, 1991)1.

Algunos autores de acuerdo al requerimiento de luz las especies las han agrupado en tres gremios ecológicos bien diferenciados así: heliófitas, semi-heliófitas y umbrófilas.

Especies heliófitas: son aquellas que completan su ciclo de vida únicamente en los claros o ambientes de alta iluminación, desarrollándose en estos sitios desde semilla, donde probablemente los más longevos no pasan de algunos años. Estas especies se integran a la población con la germinación de las semillas en sitios de elevada intensidad lumínica recientes, generalmente mayores a 200 m2. Estos claros o potreros pueden colonizarse por medio de semillas de latencia prolongada y/o alta capacidad de dispersión (Budowski, 1963; Dawkins, 1966; Brokaw, 1984; citados por Martínez-Ramos, 1985).

Especies semi- heliófitas: son aquellas que en sus etapas iniciales requieren de abundante sombra y con el transcurrir del tiempo van requiriendo mayor iluminación, tienen larga vida, pero que en algunos casos no alcanzan el dosel superior, no están condicionadas de manera estricta por los ambientes de alta iluminación para completar su ciclo de vida.

Especies Umbrófilas: también llamadas especies clímax en las cuales las semillas para germinar requieren de la sombra del bosque. Las plántulas pueden establecerse en la sombra y sobrevivir. Las plantas jóvenes son comúnmente encontradas debajo del dosel, son aquellas especies de crecimiento lento, con mayor inversión en la producción de estructuras permanentes y con semillas de tamaño mediano a grande.

b) Ampliar el número de especies utilizadas en restauración

Se debe fomentar la inclusión de un mayor número de especies en los procesos de restauración debido a que se está concentrando la plantación en pocas especies ya que en el 22% de las especies se reporta el 80% del total de los individuos registrados y en el **restante 78% de las especies registradas se presentan menos de 100 individuos** que equivale a menos del 1% por especie, mientras que en algunos estudios de vegetación realizados en el distrito se tiene una mayor cantidad de especies con una mejor distribución proporcional que pueden tenerse en cuenta para los nuevos procesos de restauración como se evidencia en la siguiente tabla.

Tabla 11. Comparación de especies encontradas en otros estudios florísticos frente al monitoreo realizado en el convenio 04 de 2012

Estudio	Chisacá, un recorrido por los páramos	Los Cerros orientales y su flora	Especies arbóreas presentes en la Reserva Forestal	Monitoreo proyectos restauración
---------	---------------------------------------	----------------------------------	---	----------------------------------

	andinos		Cárpatos (Guasca, Cund)	convenio 04 de 2012
Autores	Paola Pedraza-Peñalosa, Julio Betancur y Pilar Franco-Rosselli	Néstor García, Orlando Vargas, Yisela Figueroa	Armando Villota Ojeda, William Ariza, Andrés Avella Muñoz	Fundación Natura 2012
Ecosistemas	Paramo, subparamo y bosque andino	Paramo, subparamo y bosque andino	Bosque andino	
Número de familias reportadas	45	102	29	35
Numero de géneros reportadas				61
Número de especies reportadas	246	134	54	107

c) Especies prioritarias para nuevos ensayos de restauración.

Teniendo en cuenta los principales ecosistemas del distrito, los gremios ecológicos de las especies y de acuerdo con algunos de los listados de vegetación de la sabana y sus alrededores se hace el siguiente listado de posibles especies a utilizar en los nuevos procesos de restauración las cuales deben empezar a estudiarse y producirse en vivero.

Tabla 12. Algunas especies sugeridas para nuevos ensayos de restauración por ecosistema y gremio ecológico

N°	Ecosistema	Gremio ecológico	ESPECIE	FAMILIA
1	Paramo	Heliofita	<i>Acaena cylindristachya</i>	Rosaceae
2	Paramo	Heliofita	<i>Agrostis fasciculata</i>	Poaceae
3	Paramo	Heliofita	<i>Aragoa corrugatifolia</i>	Scrophulariaceae
4	Paramo	Heliofita	<i>Arcytophyllum nitidum</i>	Rubiaceae
5	Paramo	Heliofita	<i>Baccharis tricuneata</i>	Asteraceae
6	Paramo	Heliofita	<i>Castratella piloselloides</i>	Melastomataceae
7	Paramo	Heliofita	<i>Calamagrostis effusa</i>	Poaceae
8	Paramo	Heliofita	<i>Calamagrostis fibrovaginata</i>	Poaceae
9	Paramo	Heliofita	<i>Calamagrostis intermedia</i>	Poaceae
10	Paramo	Heliofita	<i>Castilleja fissifolia</i>	Orobanchaceae

11	Paramo	Semiheliofita	<i>Cestrum buxifolium</i>	Solanaceae
12	Paramo	Semiheliofita	<i>Chusquea tessellata</i>	Poaceae
13	Paramo	Semiheliofita	<i>Cortaderia columbiana</i>	Poaceae
14	Paramo	Semiheliofita	<i>Diplostephium alveolatum</i>	Asteraceae
15	Paramo	Semiheliofita	<i>Diplostephium phyllicoides</i>	Asteraceae
16	Paramo	Semiheliofita	<i>Eryngium humboldtii</i> F	Apiaceae
17	Paramo	Semiheliofita	<i>Galium canescens</i>	Rubiaceae
18	Paramo	Semiheliofita	<i>Gaultheria anastomosans</i>	Ericaceae
19	Paramo	Semiheliofita	<i>Geranium lindenianum</i>	Geraniaceae
20	Paramo	Semiheliofita	<i>Gnaphalium antennarioides</i>	Asteraceae
21	Paramo	Umbrofila	<i>Gynoxys fuliginosa</i>	Asteraceae
22	Paramo	Umbrofila	<i>Halenia asclepiadea</i>	Gentianaceae
23	Paramo	Umbrofila	<i>Hypericum juniperinum</i>	Hypericaceae
24	Paramo	Umbrofila	<i>Lupinus alopecurioides</i>	Fabaceae
25	Paramo	Umbrofila	<i>Miconia salicifolia</i>	Melastomataceae
26	Paramo	Umbrofila	<i>Disterigma empetrifolium</i>	Ericaceae
27	Paramo	Umbrofila	<i>Escallonia myrtilloides</i>	Grossuraliaceae
28	Paramo	Umbrofila	<i>Espeletia grandiflora</i>	Asteraceae
29	Paramo	Umbrofila	<i>Paepalanthus karstenii</i>	Eriocaulaceae
30	Paramo	Umbrofila	<i>Espeletia summapacis</i>	Asteraceae
31	Subparamo	Heliofita	<i>Berberis goudotii</i>	Berberidaceae
32	Subparamo	Heliofita	<i>Brachyotum strigosum</i>	Melastomataceae
33	Subparamo	Heliofita	<i>Buddleja bullata</i>	Scrophulariaceae
34	Subparamo	Heliofita	<i>Buddleja incana</i>	Scrophulariaceae
35	Subparamo	Heliofita	<i>Ageratina tinifolia</i>	Asteraceae
36	Subparamo	Heliofita	<i>Diplostephium revolutum</i>	Asteraceae
37	Subparamo	Heliofita	<i>Cavendishia bracteata</i>	Ericaceae
38	Subparamo	Heliofita	<i>Espeletiopsis corymbosa</i>	Astraceae
39	Subparamo	Heliofita	<i>Monnina aestuans</i>	Polygalaceae
40	Subparamo	Semiheliofita	<i>Cavendishia</i>	Ericaceae
41	Subparamo	Semiheliofita	<i>Macleania rupestris</i>	Ericaceae
42	Subparamo	Semiheliofita	<i>Dodonea viscosa</i>	Sapindaceae
43	Subparamo	Semiheliofita	<i>Escallonia paniculata</i>	Saxifragaceae
44	Subparamo	Semiheliofita	<i>Escallonia myrtilloides</i>	Saxifragaceae

45	Subparamo	Semiheliofita	<i>Psichotria boqueronensis</i>	Rubiaceae
46	Subparamo	Semiheliofita	<i>Palicourea lineariflora</i>	Rubiaceae
47	Subparamo	Semiheliofita	<i>Cestrum buxifolium</i>	Solanaceae
48	Subparamo	Semiheliofita	<i>Oreopanax bogotensis</i>	Araliaceae
49	Subparamo	Semiheliofita	<i>Symplocos theiformis</i>	Symplocaceae
50	Subparamo	Umbrofila	<i>Terstroemia meridionalis</i>	Theaceae
51	Subparamo	Umbrofila	<i>Cytharexylum sulcatum</i>	Verbenaceae
52	Subparamo	Umbrofila	<i>Duranta mutisii</i>	Verbenaceae
53	Subparamo	Umbrofila	<i>Hesperomeles obtusifolia</i>	Rosaceae
54	Subparamo	Umbrofila	<i>Ilex kunthiana</i>	Aquifoliaceae
55	Subparamo	Umbrofila	<i>Berberis goudotii</i>	Berberidaceae
56	Subparamo	Umbrofila	<i>Clethra fimbriata</i>	Clethraceae
57	Subparamo	Umbrofila	<i>Weinmannia tomentosa</i>	Cunnoniaceae
58	Subparamo	Umbrofila	<i>Viburnum triphyllum</i>	Caprifoliaceae
59	Subparamo	Umbrofila	<i>Cleome anomala</i>	Capparidaceae
60	Subparamo	Umbrofila	<i>Weinmanniamicrophylla</i>	Cunnoniaceae.
61	Bosque andino	Heliofita	<i>Aegiphila bogotensis</i>	Verbenaceae
62	Bosque andino	Heliofita	<i>Aiouea dubia</i>	Lauraceae
63	Bosque andino	Heliofita	<i>Aiouea angulata</i>	Lauraceae
64	Bosque andino	Heliofita	<i>Allophylus mollis</i>	Sapindaceae
65	Bosque andino	Heliofita	<i>Axinaea scutigera</i>	Melastomataceae
66	Bosque andino	Heliofita	<i>Beilschmiedia pendula</i>	Lauraceae
67	Bosque andino	Heliofita	<i>Brunellia integrifolia</i>	Brunelliaceae
68	Bosque andino	Heliofita	<i>Cavendishia cordifolia</i>	Ericaceae
69	Bosque andino	Heliofita	<i>Centronia brachycera</i>	Melastomataceae
70	Bosque andino	Heliofita	<i>Ceroxylon andicola</i>	Areaceae
71	Bosque andino	Semiheliofita	<i>Cestrum mutisi</i>	Solanaceae
72	Bosque andino	Semiheliofita	<i>Clethra lanata</i>	Clethraceae
73	Bosque andino	Semiheliofita	<i>Clusia elliptica</i>	Clusiaceae
74	Bosque andino	Semiheliofita	<i>Clusia ducu</i>	Clusiaceae
75	Bosque andino	Semiheliofita	<i>Clusia multiflora</i>	Clusiaceae
76	Bosque andino	Semiheliofita	<i>Cordia lanata</i>	Boraginaceae
77	Bosque andino	Semiheliofita	<i>Cyathea caracasana</i>	Cyatheaceae
78	Bosque andino	Semiheliofita	<i>Drimys granadensis</i>	Winteraceae

79	Bosque andino	Semiheliofita	<i>Endlicheria columbiana</i>	Lauraceae
80	Bosque andino	Umbrofila	<i>Freziera bomplandiana</i>	Theaceae
81	Bosque andino	Umbrofila	<i>Geissanthus andinus</i>	Myrsinaceae
82	Bosque andino	Umbrofila	<i>Geonoma weberbaueri</i>	Arecaceae
83	Bosque andino	Umbrofila	<i>Gordonia fruticosa</i>	Theaceae
84	Bosque andino	Umbrofila	<i>Hedyosmum bomplandianum</i>	Chloranthaceae
85	Bosque andino	Umbrofila	<i>Hyeronima ruffa</i>	Euphorbiaceae
86	Bosque andino	Umbrofila	<i>Ilex nervosa</i>	Aquifoliaceae
87	Bosque andino	Umbrofila	<i>Miconia elaeoides</i>	Melastomataceae
88	Bosque andino	Umbrofila	<i>Miconia ferrugínea</i>	Melastomataceae
89	Bosque andino	Umbrofila	<i>Cinchona officinalis</i>	Rubiaceae
90	Bosque Andino	Umbrofila	<i>Cinchona pubescens</i>	Rubiaceae
91	Enclave subxerófitico	Heliofita	<i>Ageratina gracilis</i>	Asteraceae
92	Enclave subxerófitico	Heliofita	<i>Bidens rubifolia</i>	Asteraceae
93	Enclave subxerófitico	Heliofita	<i>Espeletiopsis corymbosa</i>	Asteraceae
94	Enclave subxerófitico	Heliofita	<i>Puya bicolor</i>	Bromeliaceae
95	Enclave subxerófitico	Heliofita	<i>Tillandsia incarnata</i>	Bromeliaceae
96	Enclave subxerófitico	Heliofita	<i>Marmillaria colombiana</i>	Cactaceae
97	Enclave subxerófitico	Heliofita	<i>Tradescantia multiflora</i>	Commelinaceae
98	Enclave subxerófitico	Heliofita	<i>Drymaria cordata</i>	Cariophyllaceae
99	Enclave subxerófitico	Semiheliofita	<i>Chenopodium petiolare</i>	Chenopodiaceae
100	Enclave subxerófitico	Semiheliofita	<i>Befaria resinosa</i>	Ericaceae
101	Enclave subxerófitico	Semiheliofita	<i>Gaultheria rigida</i>	Ericaceae
102	Enclave subxerófitico	Semiheliofita	<i>Macleania rupestris</i>	Ericaceae
103	Enclave subxerófitico	Semiheliofita	<i>Pernetia prostata</i>	Ericaceae
104	Enclave subxerófitico	Semiheliofita	<i>Vaccinium floribundum</i>	Ericaceae
105	Enclave subxerófitico	Semiheliofita	<i>Paepalanthus columbiensis</i>	Eriocaulaceae
106	Enclave subxerófitico	Semiheliofita	<i>Lupinus bogotensis</i>	Fabaceae
107	Enclave subxerófitico	Semiheliofita	<i>Hypericum mexicanum</i>	Hypericaceae
108	Enclave subxerófitico	Semiheliofita	<i>Stachys bogotensis</i>	Lamiaceae
109	Enclave subxerófitico	Umbrofila	<i>Piper bogotensis</i>	Piperaceae
110	Enclave subxerófitico	Umbrofila	<i>Solanum lycioides</i>	Solanaceae
111	Enclave subxerófitico	Umbrofila	<i>Stevia lucida</i>	Asteraceae
112	Enclave subxerófitico	Umbrofila	<i>Duranta mutissii</i>	Verbenaceae

113	Enclave subxerofítico	Umbrofila	<i>Monnina aestuans</i>	Polygalaceae
114	Enclave subxerofítico	Umbrofila	<i>Cordia cilindrostachya</i>	Boraginaceae
115	Enclave subxerofítico	Umbrofila	<i>Vallea stipularis</i>	Elaeocarpaceae
116	Enclave subxerofítico	Umbrofila	<i>Barnadesia spinosa,</i>	Asteraceae
117	Enclave subxerofítico	Umbrofila	<i>Xylosma spiculiferum</i>	Flacourtiaceae
118	Enclave subxerofítico	Umbrofila	<i>Blechnum auratum</i>	Blechnaceae
119	Enclave subxerofítico	Umbrofila	<i>Epidendrum fibriatum</i>	Orchidiaceae.
120	Enclave subxerofítico	Umbrofila	<i>Myrcianthes leucoxylla</i>	Myrtaceae

8.3. Recomendaciones sobre el mantenimiento de los proyectos

Deben implementarse acciones de mantenimiento como el control de especies invasoras en las parcelas de restauración. Esto con el fin de garantizar la oportunidad de colonización a otras especies nativas de la zona, o garantizar sitios de establecimiento a otras especies de interés que pueden ser introducidas como enriquecimiento a los diseños de restauración iniciales.

Los proyectos de restauración ecológica deben comprender tiempos de ejecución superiores a fases experimentales, en especial si se desea implementar acciones efectivas en el tiempo que conlleven a determinar el éxito de las estrategias empleadas. Por tanto el mantenimiento de los proyectos y su monitoreo deben contemplar el esquema de manejo adaptativo con la participación de las entidades gubernamentales, instituciones de investigación científica y participación social.

Se debe continuar haciendo mantenimiento a los proyectos para garantizar su permanencia en el tiempo, se puede hacer enriquecimiento en algunos proyectos con otras especies del bosque maduro, también se puede hacer fertilización para ayudar a tener un mejor desarrollo y sanidad del material plantado.

8.4. Recomendaciones sobre el monitoreo

Se debe incluir en el proceso de monitoreo variables que cuantifiquen el impacto social, económico y ambiental de los proyectos que permitan tener una evaluación más integral del cumplimiento de los objetivos propuestos y la eficacia de las inversiones realizadas.

Se debe continuar alimentando la base de datos y el SIG con los monitoreos de proyectos realizados que no fueron objeto de este convenio y con la información generada de los nuevos proyectos.

Contemplar la conformación de un equipo de profesionales que trabajen el monitoreo de la edafofauna para mejorar el volumen de la obtención de datos y el procesamiento de muestras. Este es el único componente faunístico considerado en proyectos experimentales a escala de parcela y con respuestas sensibles a corto y mediano plazo. Debe considerarse su uso en otro tipo de proyectos.

Se sugiere un próximo monitoreo en un tiempo no inferior a dos años, en el cual se ingresen los individuos, que sean plantados, en un tiempo inferior a un año posterior al presente monitoreo.

En próximos monitoreos se recomienda implementar las consideraciones y ajustes metodológicos desarrollados en el presente monitoreo, con el fin de continuar con la estandarización en la toma de la información e inclusión sistemática de esta información en el SIG, creado en paralelo en el presente convenio. Algunas recomendaciones generales para nuevos monitoreos se presentan en la siguiente Tabla 13:

Tabla 13. Recomendaciones para próximos monitoreos

Elemento	Actividad	Descripción / Acción
Tratamientos del ensayo	Revisión de la tubería instalada en vértices principales y secundarios	Cambio de tubería deteriorada o faltante
	Revisión de placas para nomenclatura y coordenadas	Cambio de placas deterioradas
Individuos vegetales	Medición del DAP	Pintar nuevamente la circunferencia amarilla que indica el punto de medición de DAP de todos los individuos monitoreados.
	Revisión de placas de identificación	Cada individuo monitoreado cuenta con una placa de aluminio con numeración continua (elaborada con marcadores de golpe). Se requiere cambiar los amarres (plásticos y de alambre) deteriorados por el ambiente.
Núcleos de vegetación	Medición del desarrollo de coberturas vegetales en núcleos o parches.	Evaluar la efectividad de los diseños de restauración en la conformación de núcleos de vegetación que originen parches y promuevan su dinámica. Que ayuden a cumplir los objetivos de restauración planteados
Edafofauna	Seguimiento de grupos funcionales	Se debe estudiar las comunidades de invertebrados del suelo con énfasis en los grupos funcionales. El seguimiento de grupos predadores y detritívoros principalmente en los organismos epigeos puede ser un indicador útil de la restauración ecológica de áreas afectadas por minería (canteras) y otras áreas en el Distrito Capital.
SIG	Ingreso de nuevos individuos	Nuevos individuos vegetales colonizadores o plantados que ingresen al ensayo deben ser registrados en un plot y marcados de acuerdo con las consideraciones metodológicas par su

Elemento	Actividad	Descripción / Acción
		ingreso en el SIG.
Continuidad	Revisión de la pertinencia del monitoreo.	Evaluar la pertinencia del monitoreo de los proyectos según los resultados alcanzados en el tiempo o pasar al planteamiento de la ejecución de nuevas acciones sobre las áreas con desarrollo de proyectos de restauración ecológica principalmente experimentales.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baddeley, A.** (2009). Package „Spatstat“. Spatial Point Pattern analysis, model-fitting, simulation, tests. Recuperado el 15 de septiembre de <http://cran.r-project.org/web/packages/spatstat/spatstat.pdf>
- Bacon, R.** (2012). Diagrama de Caja y Bigotes. Recuperado el 12 de noviembre de 2012 de <http://www.estadisticaparatodos.es/taller/graficas/cajas.html>.
- Barrera, J.I., S.M. Contreras, N.V. Garzón, A.C. Moreno & S.P. Montoya.** (2010). Manual para la restauración ecológica de los ecosistemas disturbados del distrito capital. Pontificia Universidad Javeriana - Escuela de Restauración Ecológica, Secretaría Distrital de Ambiente (SDA). Bogotá. 402 p.
- Brummitt, R.K. & C.F. Powell.** (1992). Author of plant names. A list of authors of scientific names of plants, with recommended standard forms of their names, including abbreviations. Kew: Royal Botanic Garden. 732 p.
- Couto, A. & E.A. Valverde.** (2007). Doenças na cultura do eucalipto. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 164 p.
- Clifford, B. & R. Taylor.** (2008). Bioestadística. Pearson Educación. México. 537 p.
- Grajales, L.F.** (2012). Apuntes de regresión lineal simple. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 15 d.
- Haston, E., J.E. Richardson, P.E. Stevens, M.W. Chase & D.J. Harris.** (2009). The Linear Angiosperm Phylogeny Group (LAPG) III: a linear sequence of the families in APG (III). Botanical Journal of the Linnean Society, 161, 128-131.
- Lopez-Kleine, L.** (2012). Bioestadística. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 142 p.
- López, J., A. Vargas, J. Zamora, A. Murciano, J. Fernández, M. Reviriego & R. Lahoz.** (2010). Aula virtual de bioestadística. Recuperado el 15 de septiembre de <http://e-stadistica.bio.ucm.es/>.
- Martínez-Ramos, M.** 1985. “Claros, Ciclos Vitales de los Arboles Tropicales y Regeneración Natural de las Selvas Altas Perennifolias”. En: Investigaciones sobre la Regeneración de Selvas Altas en Veracruz, México. Vol II. Gomez-Pompa y del Amo (Eds.) 191-239. Editorial Alhambra, México
- Matteucci, S & A. Colman.** (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaria General de la Organización de los estados americanos - Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington. 168p.

-
- Montgomery, D.C., E.A. Peck & G.G. Vining.** (2012). Introduction to Linear Regression Analysis. Wiley. New Jersey. 152 p.
- Morán, I.** (2010). Manual de pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas para la comparación entre medias aplicación en software SPSS. Recuperado el 15 de septiembre de <http://www.seden.org/files/12-CAP%2012.pdf>.
- Moreno, C.E.** (2001). Métodos para medir la biodiversidad. MT Manuales y Tesis SEA. Madrid. 83 p.
- Ochoa, A. C.** (2005). Efecto de la aplicación de biosólidos, sobre el desarrollo de la vegetación en las primeras etapas sucesionales, en la Cantera Soratama, Bogotá D.C. (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá. 144 p.
- Parra, P., J. Valencia & M. González.** (1999). Manual de detección y evaluación sanitaria del eucalipto (Manual No. 24). INFOR. Santiago. 125 p.
- Quirós, L. & F. Scorza.** (2011). Estudio fis sanitario y de seguridad forestal del área de protección del lago del parque metropolitano La Sabana. Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones. San José de Costa Rica. 20 p.
- Ramírez, A.** (1999). Ecología Aplicada, Diseño y Análisis Estadístico. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 325 p.
- Rangel, J.O. & G.L. Lozano.** (1986). Un perfil de vegetación entre la plata (Huila) y el Volcán Puracé. *Caldasia*, 14(67), 211-249.
- Sokal, R. & J. Rohlf.** (1980). Biometría: Principios y métodos estadísticos en la investigación biológica. H. Blume Editores. Madrid. 452 p.
- Stevens, P.F. (2010).** Angiosperm Phylogeny Website. Recuperado el 15 de octubre de 2012 de <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>.
- Vallejo, M., A. Londoño, R. López, G. Galeano, E. Álvarez & W. Devia.** (2005). Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 309 p.
- Vargas, O. 2007.** Los pasos fundamentales en la restauración ecológica. En: Vargas, O. (Ed). Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque alto andino. Universidad Nacional de Colombia. Convenio interinstitucional Acueducto de Bogotá-Jardín Botánico-Secretaría Distrital de Ambiente. Bogotá.
- Whitmore, T.** 1991. "On the Definition of Ecological Species Groups in Tropical Rain Forest". *Vegetation* 75: 81-86
-

10. ANEXOS

Anexo N° 1. Informes de monitoreo de 13 proyectos

Anexo N° 2. Informe de monitoreo de edafofauna Soratama y Juan Rey

Anexo N° 3. Base de datos de monitoreo para proyectos de restauración

Anexo N° 4. Sistema de información geográfico para proyectos de restauración