



CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA Y ESTRUCTURAL DE LA VEGETACIÓN VASCULAR EN ÁREAS CON DIFERENTE CONDICIÓN DE ABANDONO EN LA CANTERA SORATAMA, LOCALIDAD DE USAQUÉN, BOGOTÁ

M.A. Arias-Escobar, J.I. Barrera-Cataño

*Escuela de Restauración Ecológica, Unidad de Ecología y Sistemática (UNESIS),
Departamento de Biología, Facultad de Ciencias,
Pontificia Universidad Javeriana
Carrera 7ª No. 43 - 82 Bogotá, Colombia
marialejandrarias@gmail.com, barreraj@javeriana.edu.co*

RESUMEN

Se realizó la caracterización florística y estructural de la vegetación en tres áreas con diferente condición de abandono y dos fragmentos de bosque en la cantera Soratama. Esto con el propósito de identificar la vegetación después de diez años de abandono de las actividades mineras, y de tener un punto de referencia de las posibles fuentes de propágulos para el diseño experimental con aplicación de biosólidos como enmienda orgánica. Los datos se tomaron por medio de parcelas como unidades de muestreo. En general, el estudio de la estructura y composición florística evidenció un mosaico de áreas con diferente estado sucesional, como resultado del disturbio por la actividad minera; además, la influencia actual de agentes degradativos, y la proliferación de especies exóticas. Se encontraron, áreas con baja riqueza de especies, poca cobertura vegetal, y un alto porcentaje de suelo desnudo (como la zona descapotada), y relictos de bosque con ejemplares florísticos nativos y de gran porte.

Palabras clave: composición, estructura, extracción minera a cielo abierto, formas de vida, vegetación.

ABSTRACT

This work studied the composition and vegetation structure in three areas with different abandonment condition and two forest fragments in the Soratama quarry. The main purpose was to identify the vegetation community after ten years of abandonment mining activities, and to study propagule sources for the experimental design of sewage sludge as an organic soil amendment. Data collection was done using quadrants. Study of composition and floristic structure made evident a mosaic of areas in different successional conditions because of the disturbance caused by mining, which are being noteworthy influenced by degrading agents like rainfall and wind, and present an extreme increase of exotic species. Mosaic is composed by areas with low species richness, low vegetation cover, and a high percentage of bare soil and forest fragments with native floristic elements.

Key words: composition, life forms, open cast mining activities, structure, vegetation cover.

INTRODUCCIÓN

La demanda de recursos para la industria y el sustento humano ha originado la transformación y pérdida de los ecosistemas naturales. Industrias como la extracción de materiales minerales han alterado la estructura y funcionamiento de estos sistemas como consecuencia de la eliminación del suelo y la vegetación.

La pérdida de vegetación, específicamente, interrumpe la captación de energía, de nutrientes, y de agua, y elimina el soporte del sustrato, lo cual incrementa la vulnerabilidad de los ecosistemas a la acción de agentes degradativos (UNESCO, 1980); adicionalmente, a nivel del sustrato, se ocasiona un aumento de la temperatura y la acidez, y se reduce la humedad, el contenido de materia orgánica y de nutrientes. Todos estos factores dificultan la recuperación de la cobertura vegetal (Jha & Singh, 1991; Bradshaw, 1997).

En la actualidad, existen 144 predios de minería a cielo abierto dentro de la Reserva Forestal de los Cerros Orientales de Bogotá donde se presenta esta problemática. Debido a esto, las entidades ambientales distritales se han visto en la necesidad de iniciar proyectos de diagnóstico y recuperación en estas áreas degradadas. El presente trabajo hace parte de la fase de diagnóstico de un proyecto piloto de restauración ecológica de la cantera Soratama, y pretende conocer la composición y estructura de la vegetación en áreas con diferente condición de abandono.

Para ello se seleccionaron cinco áreas, diferenciadas por su cobertura vegetal, por su uso y por el tipo de sustrato. Tres de ellas hacen referencia a su uso durante la extracción de materiales minerales (zona descapotada, depósito de estériles y depósito de descapote), y dos son relictos de

vegetación nativa secundaria (relicto de bosque y bosque adyacente).

Los resultados de este trabajo serán de utilidad en el manejo y recuperación de la vegetación tanto en la cantera Soratama como en otras áreas con condiciones similares, pues, aunque no define las especies con uso potencial en procesos de restauración de canteras, sugiere aspectos ecológicos generales de la vegetación en estados sucesionales diferentes.

El estudio de la composición florística, es útil para comparar las comunidades vegetales en función de su riqueza de especies, y evidenciar aspectos de su ecología (Begon *et al.*, 1999). Por otro lado, la estructura de la vegetación es respuesta a la incidencia de la radiación, al flujo de la precipitación al interior de la comunidad y a la acción del viento (Rangel & Velásquez, 1997). Está definida por su ordenamiento espacial (Kuchler, 1966), tanto vertical como horizontal (Kuchler, 1966; Rangel & Velásquez, 1997). La estructura vertical se refleja en la estratificación o la altura de las especies, y la horizontal se manifiesta en la densidad, el área basal y la cobertura (Rangel & Velásquez, 1997).

Es importante complementar los estudios de vegetación con una clasificación de las especies dentro de un espectro de formas de vida y biología (Begon *et al.*, 1999), ya que provee componentes estructurales de los conjuntos de vegetación, y da respuestas a nivel de la relación planta-ambiente, pues las características morfológicas están relacionadas con los procesos fisiológicos primarios de las plantas (Box, 1981, en: Batalha & Martins, 2004).

MATERIALES Y MÉTODOS

La cantera Soratama está ubicada en la localidad de Usaquén, en la calle 167 sobre

la carrera segunda. Tiene un área aproximada de 5,8 ha, y se encuentra entre las cotas de 2720 y 2925 msnm, en las coordenadas 106900 E y 116000 N (Barrera, 2002). Limita hacia el sur con la cantera Servitá, hacia el norte con otra cantera, hacia el oriente con el municipio de La Calera y hacia el occidente con el barrio Soratama y la carrera séptima.

El predio exhibe los patrones climáticos y de precipitación de la parte alta de la localidad de Usaquén o la parte norte de los Cerros Orientales, donde el clima es húmedo con moderada deficiencia de agua y con cambios medianos de temperatura.

La precipitación media anual es de 790 mm. La humedad relativa en tiempo seco se encuentra entre 68-74% y en tiempo lluvioso entre 74-77%. La velocidad del viento es baja con 22 m/seg, y presentan variaciones de 1-3,9 m/seg (IDCT, 2004).

En la cantera Soratama los suelos se caracterizan por ser, desde muy superficiales a sectorialmente profundos. Se encuentran desde bien a excesivamente drenados. Pueden ser finos y franco finos, y algunas áreas pequeñas de cenizas volcánicas. Son muy pobres en contenido de fósforo, y tienen reacciones muy ácidas (EXPERT, 1997). En general, son orgánico-minerales estructurados, de colores pardo oscuros hasta negros, de textura franco-limosa, con fracción arenosa correspondiente por lo general, al cuarzo hialino (C.I.C. 1995).

El predio de la cantera se encuentra ubicado en una microcuenca de forma alargada en el sentido oriente - occidente, que a su vez, hace parte de la subcuenca de Torca, afluente del río Bogotá. Debido a que la explotación minera deterioró la morfología local, se eliminaron los cauces naturales, por lo que el agua escurre de forma desordenada (Correa & Correa, 2003).

Según Sánchez (2003), la vegetación que se encuentra en la cantera Soratama evidencia un claro proceso sucesional iniciado después del disturbio. Así, se presentan ciertas especies según el grado de alteración. Este es el caso de la zona de patios o frente de explotación, en la cual es frecuente encontrar una especie colonizadora no nativa como *Hipochaeris radicata*, pastos como *Anthoxantum odoratum* y *Calamagrostis* sp., y la especie invasiva *Ulex europaeus*; a comparación de los pequeños relictos de bosque secundario que presentan especies arbustivas como *Monochoaetum myrtoideum* (angelito), *Cavendishia cordifolia* (uva de anís), *Myrica parvifolia* (laurel hojipequeño) y *Miconia* sp. (tuno), entre otras, las cuales son sugeridas por el autor como poseedoras de atributos pioneros.

Las áreas de estudio se escogieron a partir de la zonificación realizada por Barrera (2002), teniendo en cuenta el tipo de vegetación y de sustrato de cada área como resultado de la explotación minera y de la recuperación natural después de su finalización. Además de estas áreas, se incluyeron dos fragmentos de bosque. Las áreas muestreadas fueron: Zona descapotada (DC), Depósito de estériles (DE), Depósito de descapote (DD), Relicto de bosque (RB) y Bosque adyacente (BA)

Para el muestreo se emplearon parcelas, cuya superficie varió dependiendo del tipo de vegetación del área. Se utilizaron parcelas desde 1 m² para vegetación herbácea, hasta parcelas de 100 m² para vegetación arbórea. Se registró la abundancia tanto para especies no clonales como para clonales (a partir del conteo de las unidades modulares o individuos genéticamente distintos) (Harper, 1977, en: Magurran, 1989; Giraldo, 1995); la altura en metros (por medio de una vara metrada y por cálculo visual), diámetro del tronco a la altura

del pecho en centímetros (DAP > 2,5, con cinta diamétrica) y cobertura en metros cuadrados por medio del método del diámetro mayor y menor, en ejemplares arbóreos, arbustivos (Prieto, 1994; en: Rangel & Velásquez, 1997) y herbáceos (Sánchez & López, 2003). En cada parcela según la altura se diferenciaron los estratos: Rasante (ra): <0,3 m; Herbáceo (h) 0,31-1,5 m; Arbustivo (ar) 1,51-5 m; Arbolitos (Ar) 5-12 m; y Arbóreo inferior (Ai) 12-25 m (Rangel & Velásquez, 1997).

Se definieron además cuatro formas de vida a partir de la clasificación de Raunkiaer, cuyo principio es la posición y protección de yemas como estrategia adaptativa a la estación desfavorable (1934, en: Mueller-Dombois & ElleMBERG, 1974; Braun-

Blanquet, 1979). Éstas fueron evaluadas por su observación y excavación en campo (cuando fue necesario), y con ayuda de material bibliográfico (Tabla 1).

Todos los ejemplares se clasificaron dentro de las categorías taxonómicas de familia, género y especie. La estratificación vertical de la comunidad se obtuvo con la clasificación de los individuos en los rangos de altura y estratos propuestos por Rangel y Velásquez (1997). De acuerdo a éstos, se analizó la variable de cobertura. Con los datos de DAP, se realizó la distribución de clases diamétricas, a partir de la ecuación de Sturges (en: Rangel y Velásquez, 1997). Se realizó un análisis de clasificación mediante el índice de atributos binarios de Jaccard con la ayuda del programa

Tabla 1

Descripción de las categorías de formas de vida según la clasificación de Raunkiaer
Fuente: (Mueller-Dombois & ElleMBERG, 1974; Braun-Blanquet, 1979)

FORMA DE VIDA	DESCRIPCIÓN
Geófitos	Yemas incluidas en el sustrato más o menos a una profundidad de 2-3 cm, y poco expuestas a la influencia de la estación desfavorable.
Caméfitos	Yemas por encima de la superficie del suelo que reciben tan solo la protección de la misma planta, ya sea por el crecimiento muy denso o por los vástagos muertos
Fanerófitos	Yemas entre 0,25 y 2m sobre las ramas que sobresalen del sustrato. Incluye arbustos, árboles, lianas, bejucos leñosos y graminoídes arborescentes.
Hemieriptófitos	Yemas ubicadas justo a nivel del suelo. Plantas herbáceas y en algunos casos arbustivos.
	Están subdivididos en:
	espinosos: yemas recubiertas y protegidas por una envoltura pajiza formada por la vaina de las hojas en descomposición, son generalmente gramíneas.
	en roseta: generalmente son hierbas bajas con las hojas basales dispuestas en roseta y tallo sin hojas que soporta la inflorescencia.
	escaposos: la mayoría son hierbas altas, en las que puede estar o no la roseta basal.
	trepadores: a este grupo pertenecen varias plantas perennes con tallo trepador, y yemas basales.
reptantes: son generalmente plantas perennes que producen estolones que luego arraigan.	

Biodiversity Professional versión 2 (McAleece, 1997).

Se obtuvo además la diversidad de especies vegetales en cada área, a partir del índice proporcional de Shannon-Wiener (H'), índice de Equidad de Pielou (E) y el índice de dominancia de Simpson ($\bar{\epsilon}$) (Magurran, 1989).

Se realizaron las descripciones fisionomico-estructurales o perfiles de vegetación en los que se muestra mediante un dibujo la realidad de cada una de las áreas estudiadas con respecto a la cobertura vegetal.

Se construyeron gráficas de barras para representar el porcentaje de especies en cada una de las categorías de formas de vida; y se realizó la correlación entre las formas de vida de la vegetación y las áreas de estudio de la cantera por medio del Análisis de Correspondencia Canónico (CCA) del programa PC-ORD (McCure & Mefford, 1997) para ordenar los objetos de estudio a lo largo de los ejes de acuerdo a las relaciones entre éstos.

RESULTADOS

COMPOSICIÓN FLORÍSTICA

En total se registraron 1577 individuos correspondientes a 46 familias, 78 géneros y 98 especies (anexo 1).

En la **Zona Descapotada (DC)**, la familia Poaceae agrupó el 30% de las especies, seguida de Asteraceae (20%) y de Ericaceae, Eriocaulaceae, Hypericaceae y Melastomataceae (10%). De diez especies registradas, *Holcus lanatus* y *Taraxacum officinale* no son nativas.

Depósito de Estériles (DE). Asteraceae agrupó el 20,7% y Polypodiaceae 13,8% del total de las especies. Se registraron cin-

co especies exóticas: *Holcus lanatus*, *Penisetum clandestinum*, *Rumex acetosella*, *Taraxacum officinale* y *Ulex europaeus*.

Depósito de Descapote (DD). Poaceae (14,3%) y Asteraceae (10,7%) fueron las más representadas. Por su cobertura y abundancia sobresalen las especies exóticas *Ulex europaeus* y *Pteridium aquilinum*. Además de éstas, se encontraron: *Anthoxantum* sp., *Eucaliptus globulus*, *Holcus lanatus*, *Penisetum clandestinum*, *Rumex acetosella*, *Sonchus* sp. y *Taraxacum officinale*.

Relicto de Bosque (RB). Ericaceae (9,09%); Asteraceae (9,09); Rubiaceae (6,82%) Rosaceae (6,82%) y Melastomataceae (6,82%) fueron las familias con mayor porcentaje de especies. Sólo se registró una especie exótica (*Pteridium aquilinum*).

Bosque Adyacente (BA). Las familias con el mayor porcentaje de especies fueron Asteraceae (11,6%); Dryopteridaceae (9,3%) y Piperaceae (7%).

ESTRUCTURA VERTICAL Y HORIZONTAL

En general, la estratificación de la vegetación fue menor en las áreas más afectadas por la explotación minera, y mayor en los relictos de bosque. Esto se puede observar detalladamente en los perfiles de vegetación de cada zona (Figura 1 a, b, c, d, e). Así, en la Zona Descapotada la vegetación se distribuyó en los estratos rasante y herbáceo, el primero casi con el 90% del total de individuos (Figura 2a) y el mayor porcentaje de cobertura (28,2%) (Figura 2b).

En los DE y DD se evidenciaron los estratos rasante, herbáceo y arbustivo, el segundo de éstos agrupó el mayor porcentaje de individuos (62,6% en DE y 47% en DD) (figura 2a) y de cobertura (62,9% en DE y 72,2% en DD) (Figura 2b). En la zona DE

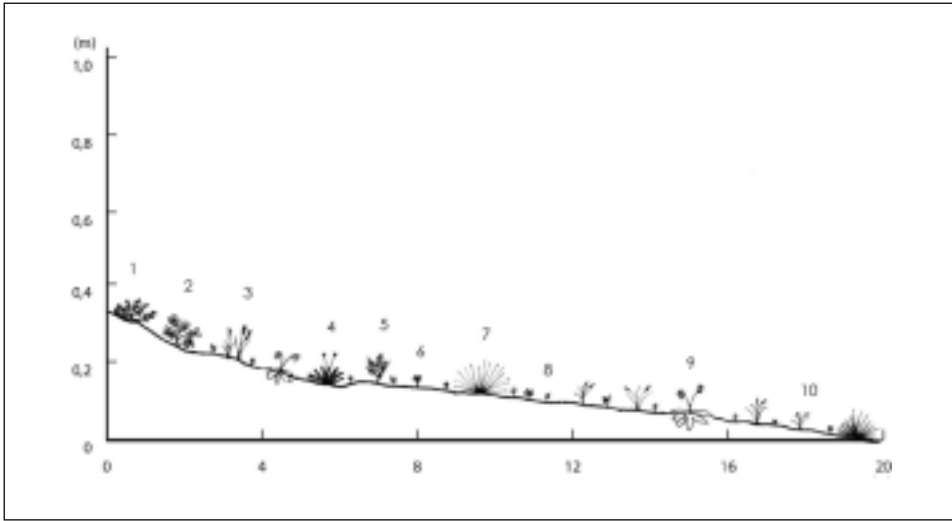


FIGURA 1a. Perfil de la vegetación de la Zona Descapotada. 1 *Cavendishia cordifolia*, 2 *Chaetolepis microphila*, 3 *Calamagrostis* sp., 4 *Paepalanthus* sp., 5 *Hypericum juniperinum*, 6 *Achyrocline* sp., 7 *Cortaderia nitida*, 8 *Rhacomitrium crispipilum*, 9 *Taraxacum officinale*, 10 *Holcus lanatus*.

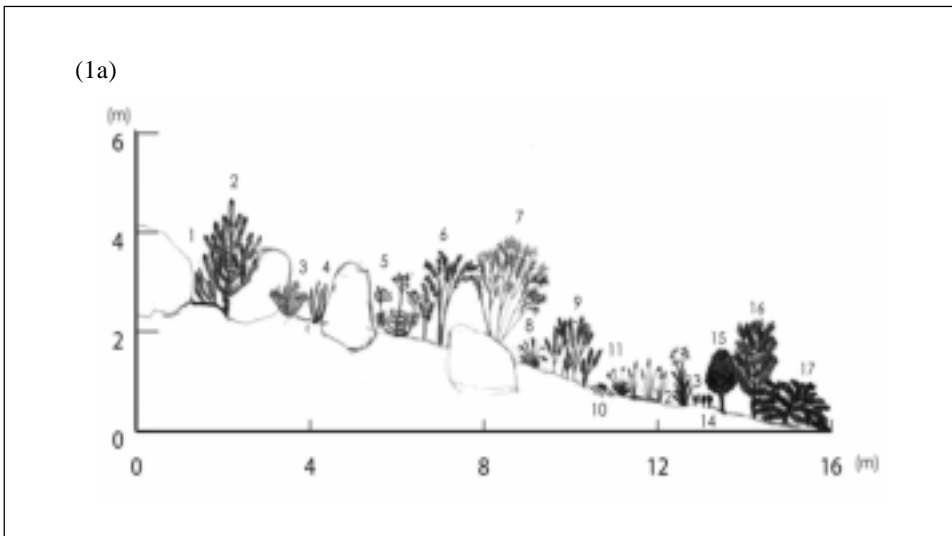


FIGURA 1b. Perfil de la vegetación del Depósito de Estériles. 1 *Ellaphoglossum* sp1., 2 *Ulex europaeus*, 3 *Dryopteris wallichiana*, 4 *Campyloneurum angustifolium*, 5 *Epidendrum elongatum*, 6 *Monochaetum mirtoideum*, 7 *Baccharis latifolia*, 8 *Holcus lanatus*, 9 *Hypericum juniperinum*, 10 *Hypochaeris radicata*, 11 *Paepalanthus* sp., 12 *Calamagrostis* sp., 13 *Orthrosantus chimboracensis*, 14 *Achyrocline* sp., 15 *Dodonea viscosa*, 16 *Miconia squamulosa*, 17 *Myrica parvifolia*.

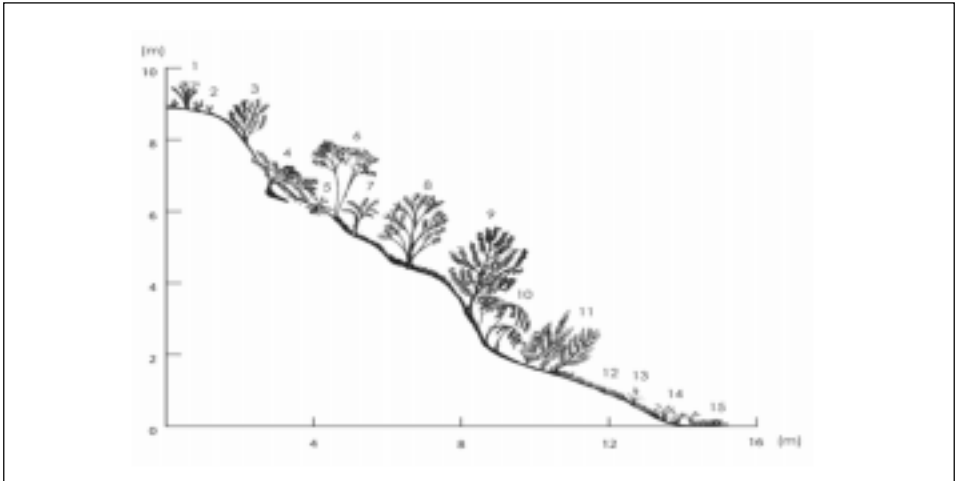


FIGURA 1c. Perfil de la vegetación del Depósito de Descapote. 1 *Orthrosantus chimboracensis*, 2 *Rumex acetosella*, 3 *Cavendishia cordifolia*, 4 *Myrica parvifolia*, 5 *Taraxacum officinale*, 6 *Monnina aestuans*, 7 *Monochaetum mirtoideum*, 8 *Baccharis latifolia*, 9 *Miconia squamulosa*, 10 *Pteridium aquilinum*, 11 *Ulex europaeus*, 12 *Pennisetum clandestinum*, 13 *Holcus lanatus*, 14 *Calamagrostis* sp. 15 *Ditassa* cf *longifolia*.

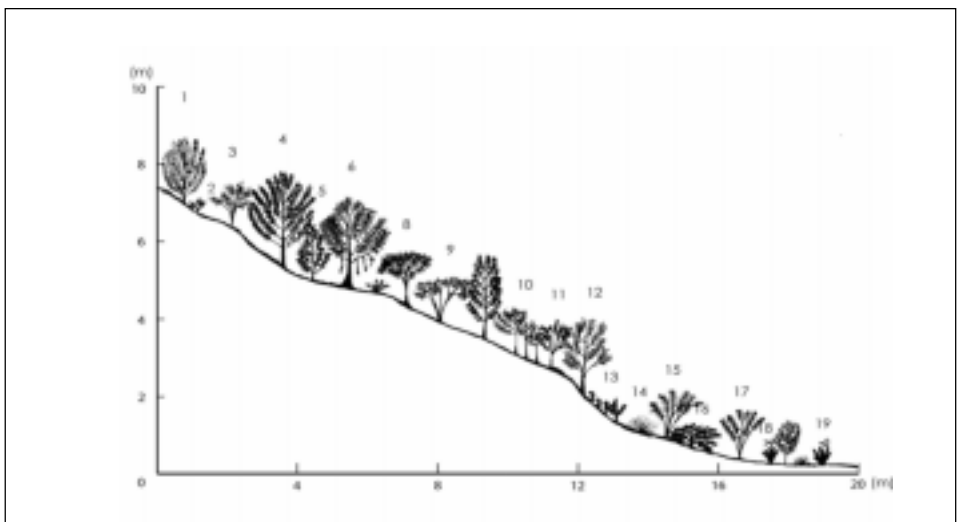


FIGURA 1d. Perfil de la vegetación del Relicto de Bosque. 1 *Gaiadendrum punctatum*, 2 *Arcytophilum nitidum*, 3 *Viburnum tinoides*, 4 *Miconia squamulosa*, 5 *Cavendishia cordifolia*, 6 *Clusia multiflora*, 7 *Ellaphoglossum* sp1, 8 *Clethra fimbriata*, 9 *Oreopanax floribundum*, 10 *Eupatorium angustifolium*, 11 *Diplostephium rosmarinifolium*, 12 *Myrsine coriaceae*, 13 *Syphocampilus columnae*, 14 *Hypericum juniperinum*, 15 *Cortaderia nitida*, 16 *Baccharis latifolia*, 17 *Myrica parvifolia*, 18 *Orthrosantus chimboracensis*.

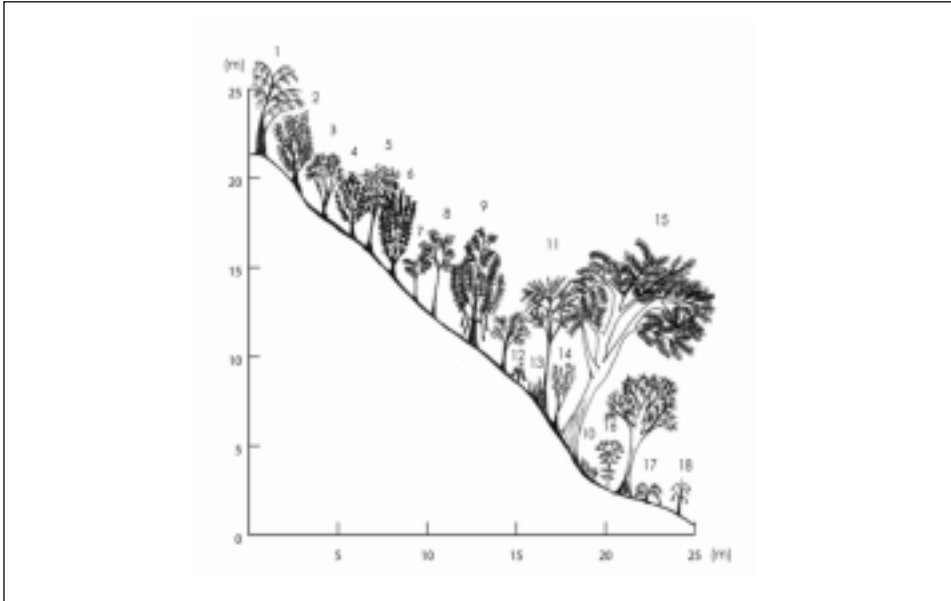


FIGURA 1e. Perfil de la vegetación del Bosque Adyacente. 1 *Vallea stipulari*, 2 *Myrsine coriacea*, 3 *Oreopanax floribundum*, 4 *Cavendishia cordifolia*, 5 *Viburnum floribundum*, 6 *Miconia squamulosa*, 7 *Palicourea* sp., 8 *Piper lacunosum*, 9 *Clusia multiflora*, 10 *Peperomia* sp., 11 *Winmannia tomentosa*, 12 *Pecluma* sp., 13 *Ellaphoglossum* sp., 14 *Palicourea angustifolia*, 15 *Myrcianthes rhopaloides*, 16 *Munozzia senecionidis*, 17 *Diplazium* sp., 18 *Carex* sp.

Hypericum juniperinum registró el mayor número de individuos en este estrato, mientras que *Myrica parvifolia* presentó la mayor cobertura (57%); en la zona DD La especie *Pteridium aquilinum* tuvo el mayor porcentaje de cobertura (44,5%), y el mayor número de individuos.

En RB se evidenciaron los estratos: Rasan-te, Herbáceo, Arbustivo y Arbolitos, de los cuales el tercero concentró casi la mitad de los individuos (45,5%) (Figura 2a), y presentó el mayor porcentaje de cobertura (79%) (Figura 2b). *Cavendishia cordifolia* tuvo la mayor cobertura (50%) y el mayor número de individuos en este estrato. *Clusia multiflora* obtuvo aproximadamente 100% de cobertura en el estrato de Arbolitos. En el BA, se evidenció además el estra-

to arbóreo, y una disminución en especies de hábito herbáceo; sin embargo, este último tuvo el mayor porcentaje de individuos (36,6%) (Figura 2a), pero el de Arbolitos presentó el mayor porcentaje de cobertura (100%) (Figura 2b), donde *Clusia multiflora* tuvo el mayor porcentaje (30%).

Clases diamétricas. En la zona DD se registraron siete individuos con DAP > 2,5 de las especies *Baccharis latifolia*, *Monnina* cf *aestuans* y *Clethra fimbriata*, y se agruparon en tres clases: (1) DAP 3 - 3,5, con el 71,4% de los individuos. (2 y 3) DAP 3,5 - 7, con el 28,6% restante (Figura 3). En el relictos de bosque se diferenciaron 8 clases (Figura 3), (1) DAP 2,5 y 4,5, agrupó el 62,5%. (8) (última clase DAP 17,1 - 19,2)

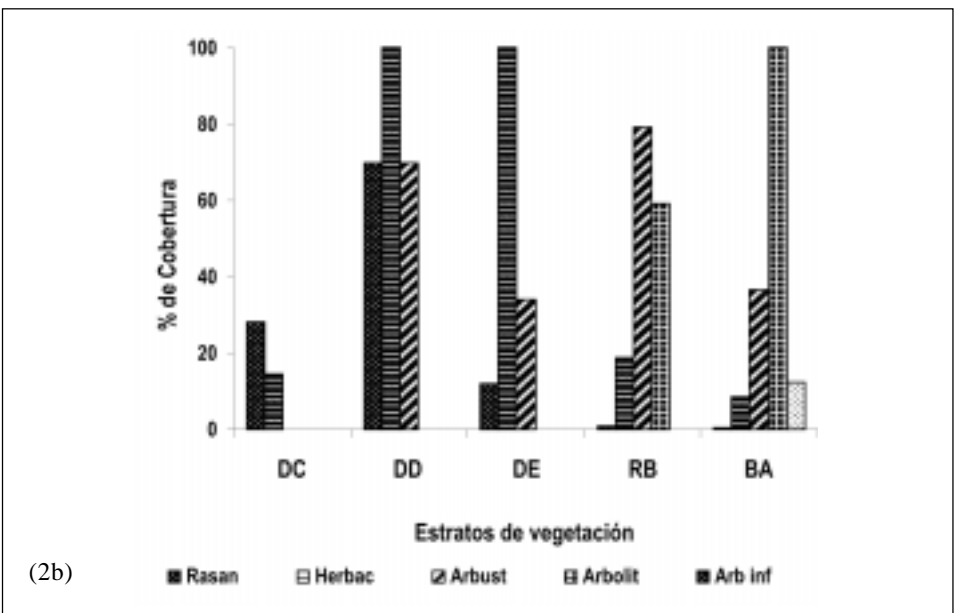
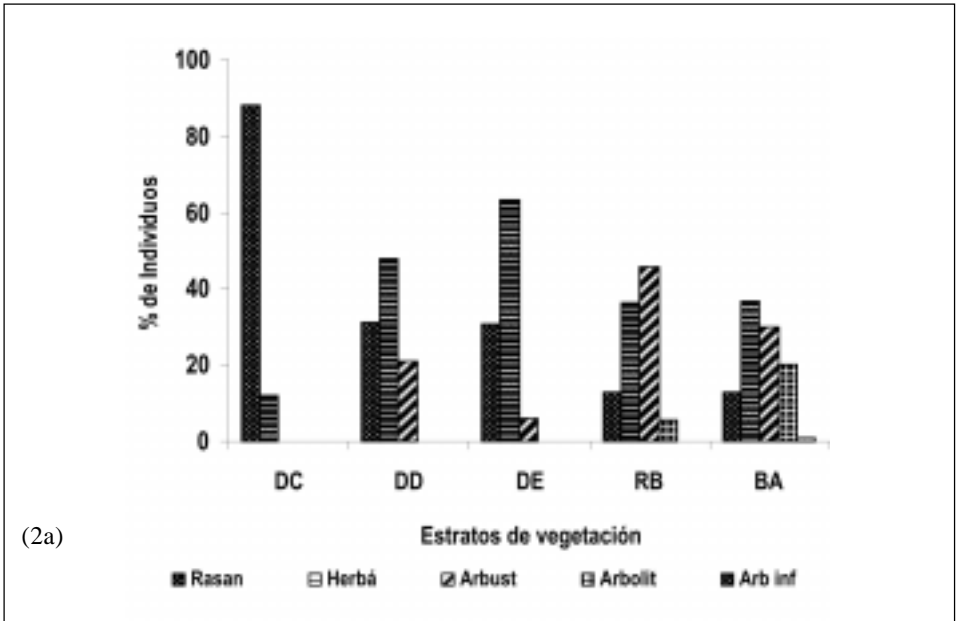


FIGURA 2. Comparación del (a) Porcentaje de individuos y (b) Porcentaje de cobertura en cada estrato de vegetación en: Zona Descapotada (DC), Depósito de Descapote (DD), Depósito de Estériles (DE), Relicto de Bosque (RB), Bosque Adyacente (BA). Estratos: Rasante (ra): <0,3 m; Herbáceo (h) 0,31-1,5 m; Arbustivo (ar) 1,51-5 m; Arbolitos (Ar) 5-12 m; y Arbóreo inferior (Ai) 12-25 m.

sólo se encontró un individuo; el 37,5% del total de individuos distribuidos en las siete clases restantes. El 69,2% de los individuos registrados en el bosque adyacente se agruparon en la primera clase (DAP 2,5 y 9), y el 30,8% restante se encuentra repartido en las 7 clases restantes (Figura 3).

FORMAS DE VIDA

En la zona DC el 80% de las especies fueron hemicriptófitos, subdivididos en Hemicriptófitos escaposos (*Achirocline* sp., *Chaetolepis microfila* e *Hypericum juniperinum*); Hemicriptófitos cespitosos (*Calamagrostis* sp., *Cortaderia nitida* y *Holcus lanatus*) y Hemicriptófitos en roseta (*Paepalantus* sp. y *Taraxacum officinale*). El 20% restante fueron Caméfitos (*Cavendishia cordifolia* y *Rhacomitrium crispipilum*).

En las áreas DE y DD, la forma de vida más evidente fue la de fanerófitos (30 y 68% respectivamente), seguidos en DE por

hemicriptófitos (27%), caméfitos (24%) y geófitos (17%), y en DD por caméfitos (15%), geófitos y hemicriptófitos (9 y 6% respectivamente).

DIVERSIDAD

En general, todas las áreas presentaron una alta diversidad según los índices analizados, ya que las abundancias entre las especies fueron proporcionales entre sí y no hubo especies dominantes. Este resultado se sustenta a partir del índice proporcional de especies de Shannon (H'), el índice de equidad de Pielou (E) y el índice de dominancia de Simpson (δ) (Tabla 2).

El diagrama del índice de Jaccard (Figura 5) para la comparación de la composición florística entre las cinco áreas estudiadas sugirió que no existe un porcentaje de similitud significativa; sin embargo, las áreas más similares entre sí son el depósito de estériles (DE) y el Depósito de Descapote (DD) con el 30% y el Bosque Adyacente

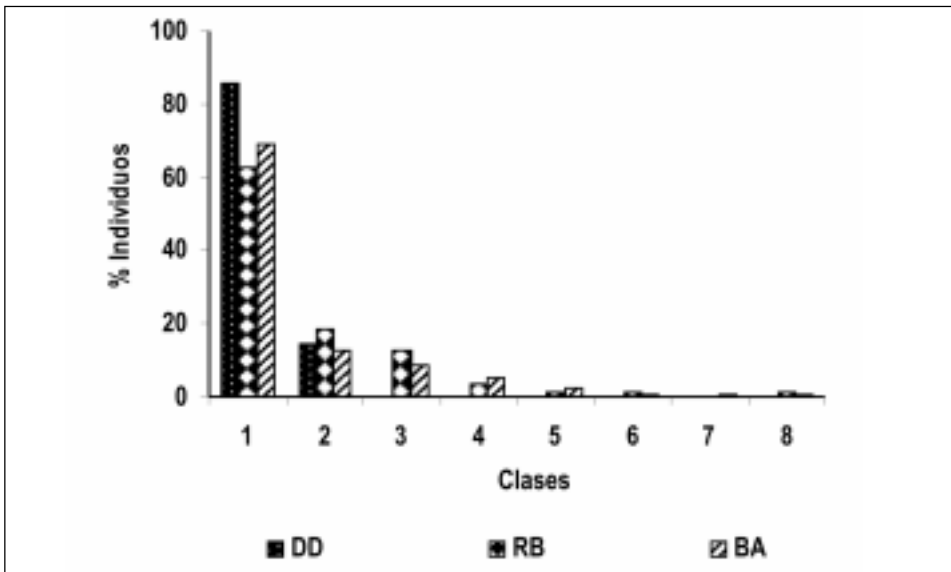


FIGURA 3. Distribución del porcentaje de individuos en cada clase de DAP en Depósito de Descapote (DD), Relicto de Bosque (RB) y Bosque Adyacente (BA).

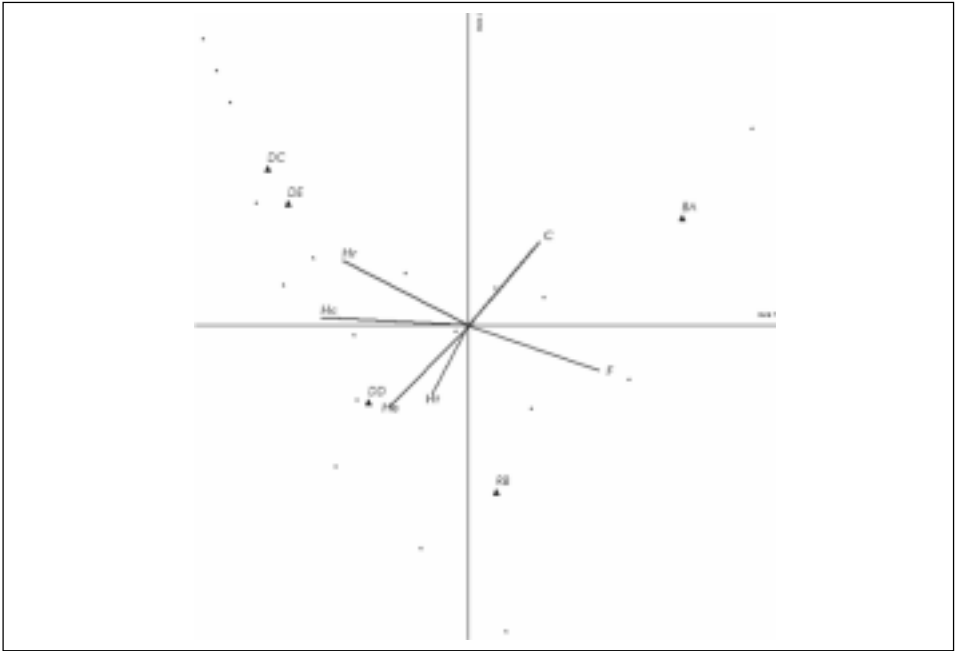


FIGURA 4. Análisis de correspondencia canónico entre las áreas y formas de vida. Sitios: (DC) Zona Descapotada, (DE) Depósito de Estériles, (DD) Depósito de Descapote, (RB) Relicto de Bosque y (BA) Bosque Adyacente. Formas de vida: (F) Fanerófitos, (C) Caméfitos, (He) Hemicriptófitos escaposos, (Hc) Hemicriptófitos cespitosos, (Hr) Hemicriptófitos en roseta, (Ht) Hemicriptófitos trepadores.

Tabla 2
Resultados de los índices de diversidad de especies vegetales en cada área de estudio

ÁREAS DE ESTUDIO	INDICES DE DIVERSIDAD			
	Shannon	H'	Equidad	Simpson
	(H')	max.	(E)	(\bar{e})
Zona Descapotada (ZD)	1,57	2,3	0,68	0,26
Depósito de Estériles (DE)	2,52	3,37	0,75	0,13
Depósito de Descapote (DD)	2,65	3,33	0,79	0,11
Relicto de Bosque (RB)	3,35	3,78	0,88	0,05
Bosque Adyacente (BA)	3,35	3,78	0,88	0,05

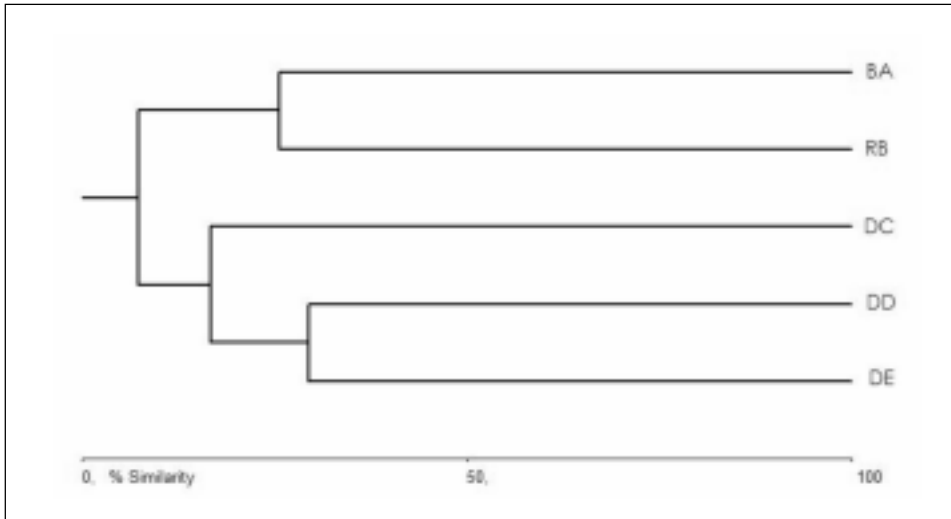


FIGURA 5. Comparación de la composición florística de las cinco áreas de estudio DE: Depósito de Estériles; DD: Depósito de Descapote; DC: Zona Descapotada; RB: Relicto de Bosque; BA: Bosque Adyacente, según el índice de Jaccard.

(BA) y el Relicto de Bosque (RB) con el 25% de similaridad, de esta forma composición florística de la zona descapotada aunque está un poco más cercana de las áreas de depósitos, no presentó similitudes significativas con todas las áreas.

DISCUSIÓN

Como resultado del proceso de recuperación natural después del disturbio por minería, la vegetación en la cantera Soratama se puede definir como un mosaico de parches en estados de sucesión temprana e intermedia.

La composición y estructura de la vegetación actual ha sido el resultado de un proceso dinámico originado por el disturbio y por el consecuente desarrollo sucesional (Crawley, 1997) que explica las diferencias encontradas entre las áreas. Adicional a esto, las estrategias diferenciales de cada especie y el establecimiento de microsítios han

sido esenciales durante este proceso (Tansley, 1935, Bazzaz & Picket, 1980; Bazzaz, 1996; Mora, 1999). Evidencia de esto es el resultado del índice de Jaccard, que muestra lo diferentes que son las cinco áreas en cuanto a su composición florística, probablemente debido al estado sucesional en el que se encuentra cada una de ellas.

Sin embargo, en las cinco áreas se encontraron las familias Asteraceae, Ericaceae, Melastomataceae y Poaceae, y sólo la especie *Cavendishia cordifolia* en común. Estas familias agrupan especies capaces de establecerse en sitios abiertos y en zonas de regeneración temprana, gracias a sus estrategias de dispersión anemócora (Asteraceae y Poaceae) y ornitócora (Ericaceae y Melastomataceae), que les permite llegar a áreas más alejadas de las plantas parentales (Mendoza & Ramírez, 2000; Vargas, 2002), en este caso es posible que éstas se encuentren en los dos parches de bosque de vegetación secundaria. Mora (1999) observó en la mina de gravas el Tunjuelo, que las fami-

lias Poaceae y Asteraceae fueron las de mayor importancia gracias a sus estrategias reproductivas y dispersoras, en tres etapas de sucesión primaria (18, 36 y 120 meses) sobre depósitos de material residual de gravas.

Por su parte *Cavendishia cordifolia* o uva de anís, es una especie ornitócora que tiene la capacidad de soportar suelos pesados, amplios rangos de humedad, luz directa o baja luminosidad en claros de bosque, y regenerarse vegetativamente en estados tempranos e intermedios de la sucesión (Salamanca & Camargo, 2002). Estas características la hacen una especie apta para establecerse desde el inicio de la sucesión y reflejarse en etapas tempranas (Zona Descapotada) e intermedias (Relicto de Bosque). Esto depende de sus tasas de crecimiento en etapas tempranas y la capacidad de sobrevivencia a medida que aumenta la competencia entre especies de etapas más avanzadas (Egler, 1954; en: Collins *et al.*, 1995).

En las áreas de depósitos y la zona descapotada se observó una gran influencia de especies exóticas como el retamo espinoso, el pasto kikuyo y el helecho marranero, entre otras. Al respecto, varios autores sugieren que la llegada y establecimiento de estas especies se facilita por el disturbio, ya que disminuye o elimina las barreras físicas (presencia de vegetación arbórea) y ambientales (sombra generada por el dosel) (Brothers & Spingarn, 1992; Hobbs & Huenneke, 1992; Parendes & Jones, 2000) por la apertura de espacios nuevos donde no hay competencia principalmente por luz. Esto explica, que estas especies invasoras no se encuentran en el interior de los fragmentos de bosque, ya que el dosel disminuye los niveles de luz, el acceso hacia el interior y por ende, la capacidad de germinación de sus semillas (Parendes & Jones, *op. cit.*). Las especies encontradas no fueron plantadas en ningún

momento, su establecimiento se debe a sus estrategias eficaces de reproducción, dispersión y colonización en espacios abiertos y recientemente disturbados tal y como se presenta en la cantera Soratama.

Según Bell y Ungar (1981), la no recuperación de la vegetación en las áreas explotadas por minería como en el caso de la Zona Descapotada, se debe a la transformación de las condiciones físicas y microclimáticas que intensifican la influencia del agua y el viento, y a la eliminación de la capa fértil del suelo, ya que ésta contiene los bancos de semillas y las condiciones edáficas aptas para la germinación. La degradación constante a la que son expuestas imposibilita la germinación, la persistencia de las plantas (en caso de germinación), y la retención de nutrientes y propágulos provenientes de zonas adyacentes (como el Relicto de Bosque). Esto sugiere que el agua y el viento, actúan como un disturbio con una frecuencia muy alta, que impide un avance en el proceso sucesional, y un aumento en la riqueza de especies (Connell, 1978; Collins *et al.*, 1995)

La vegetación que se encontró en el Relicto de Bosque permitió establecer su semejanza con el "matorral alto" descrito por Cortés (2003), éste corresponde a etapas de recuperación intermedia del bosque andino secundario, con especies arbustivas que pueden indicar un proceso avanzado de la sucesión. Este tipo de fisionomía vegetal es el más común de las montañas de la Sabana de Bogotá, debido a la transformación de los bosques nativos por las actividades humanas. Por otro lado, el fragmento de bosque adyacente a la cantera presentó especies arbóreas del *Weinmannietum* descrito por Cuatrecasas, testimonio de la vegetación original de los declives de las montañas del borde oriental de la Sabana de Bogotá (Cortés *et al.*, 1999).

La incidencia de la luz es el principal generador de la estratificación de la vegetación, (Crawley, 1997; Hogan & Machado, 2002). En las áreas en sucesión primaria, (p. ej. Zona Descapotada), la incidencia de luz es directa y constante, condición que sólo las especies pioneras toleran. En los bosques, las especies arbóreas limitan la entrada de luz hacia las partes más cercanas al sustrato, donde se encuentran especies tolerantes a bajas tasas de luminosidad, y esto diversifica la estratificación (Bazzaz, 1979; Crawley, 1997; Liira *et al.*, 2002).

El diámetro a la altura del pecho (DAP > 2,5), sólo se encontró en vegetación del Depósito de Descapote, Relicto de Bosque y Bosque Adyacente. En estos tres sitios el patrón de agrupamiento de individuos en las clases diamétricas fue similar, pues se situaron en las primeras clases. Esto sugiere que la mayoría aún son ejemplares muy jóvenes que corroboran el estado de regeneración en el que se encuentran las áreas. (UNESCO, PNUMA & FAO, 1980).

Pareciera existir una asociación de las formas de vida y el estado sucesional del área. Por ejemplo, los hemicriptófitos en roseta y cespitosos fueron más frecuentes en la Zona Descapotada, posiblemente porque las yemas sobre la superficie del suelo protegidas por el follaje de la misma planta (Braun-Blanquet, 1979) es una adaptación en sustratos poco profundos, donde sus semillas germinan a ras del suelo y en el momento de arribo, y son hierbas de raíces muy cortas y delgadas que pueden regenerarse sin mayores requerimientos y en el menor tiempo, característica típica de especies pioneras en sucesión primaria (Bazzaz, 1979; McIntyre *et al.*, 1995; Batalha & Martins, 2004).

Los caméfitos (comprende los helechos) resultaron asociados con el Bosque Adyacente y Depósito de Estériles por la formación de microclimas, que disminuyen los

cambios bruscos de las condiciones climáticas durante el día. Algo similar sucede con los fanerófitos (árboles, arbustos, trepadoras leñosas y arbustos graminoides) pues a pesar de tener sus yemas expuestas, el conjunto boscoso disminuye los cambios climáticos extremos (Batalha & Martins, 2004).

CONCLUSIONES

A partir de los resultados de este trabajo, es necesario implementar un manejo particular para la problemática evidenciada en cada área. En ese sentido, se debe iniciar la recuperación de la cobertura vegetal nativa en áreas como la zona descapotada; y se debe llevar a cabo un manejo de las especies exóticas *Ulex europaeus* y *Pteridium aquilinum* ya que por sus estrategias eficaces de reproducción, dispersión y establecimiento pueden llegar a desplazar las especies nativas. Por último sería importante la interconexión de los fragmentos de bosque para que con el tiempo la expansión de la vegetación promueva la recuperación de otros atributos que ayudarían a la sostenibilidad del sistema.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Secretaría de Ambiente de Bogotá, por la financiación del proyecto. También agradecen al Herbario del Jardín Botánico de Bogotá, por la colaboración en la determinación del material vegetal y al ecólogo Sergio Suárez Alarcón, por la colaboración en la colección de datos en campo.

LITERATURA CITADA

BARRERA, J.I. 2002. Formulación de tratamientos de restauración ecológica en la cantera Soratama de la localidad de Usaquén. Bogotá D.C. Contrato 049

- Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA).
- BATALHA M.A. & MARTINS, F.R. 2004. Floristic, frequency, and vegetation life-form spectra of a cerrado site. *Brazilian Journal of Biology*, 64, 2.
- BAZZAZ, F.A. 1979. The physiological ecology of plant succession. *Annual Review of Ecology and Systematics* 10: 351-371.
- BAZZAZ F.A. 1996. *Plants in changing environments*. Cambridge University Press. 320 pp.
- BAZZAZ F.A. & PICKETT, S.T.A. 1980. Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. *Annual Review of Ecology and Systematics* 11: 287-310.
- BEGON, M.; HARPER J. & TOWNSEND, C.R. 1999. *Ecología. Individuos, poblaciones y comunidades*. Tercera edición. Barcelona, Ediciones Omega S.A., 1148 pp.
- BELL, T. & UNGAR, I.A. 1981. Factors affecting the establishment of natural vegetation on a coal strip mine spoil in Southeastern Ohio. *American Midland Naturalist*, 105, (1): 19-31.
- BRADSHAW A. 1997. Restoration of mined lands-using natural processes. *Ecological Engineering* 8: 255-269.
- BRAUN-BLANQUET, J. 1979. *Fitosociología. Base para el estudio de las comunidades vegetales*. Madrid, Blume Ediciones. 820 pp.
- BROTHERS, T.S. & SPINGARN, A. 1992. Forest fragmentation and alien plant invasion of Central Indiana Old-Growth forests. *Conservation Biology*, 6, (1): 91-100.
- C.I.C. Consultores de Ingeniería y Cimentaciones Ltda. 1995. Informe técnico. Caracterización geomorfológica, geotécnica y ambiental, cantera Villa Servitá. Informe No 050-95-ES.
- COLLINS, S.; GLENN, S. & GIBSON, D. 1995. Experimental analysis of intermediate disturbance and initial floristic composition decoupling cause and effect. *Ecology*, 76 (2): 486-492.
- CONNEL J.H. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science* 199, No. 4335: 1302-1310.
- CORTÉS S. 2003. Estructura de la vegetación arbórea y arbustiva en el costado oriental de la serranía de Chía (Cundinamarca, Colombia). *Caldasia* 25(1): 119-137.
- CORTÉS, S.; VAN DER HAMMEN, T. & RANGEL-CH., J.O. 1999. Comunidades vegetales y patrones de distribución y sucesión en la vegetación de los cerros occidentales de Chía-Cundinamarca, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 23 (89): 529-554.
- CORREA, A.A. & CORREA, J.D. 2003. Recuperación morfológica y ambiental de la antigua cantera Soratama. IV Seminario Colombiano de Geotecnia y IX Congreso Colombiano de Geotecnia.
- CRAWLEY M. 1997. *Plant ecology*. Second edition. Blackwell Publishing USA. 717 pp.
- EXPERT LTDA. 1997. Plan de Recuperación Morfológica y Ambiental del Predio Villa Servitá. Bogotá.
- GIRALDO-CAÑAS, D. 1995. Estructura y composición de un bosque secundario frag-

- mentado en la cordillera Central, Colombia, en Churchil, S.P.; Balslev, H.; Forero, E. & Luteyn, J.L. (eds.). *Biodiversity and conservation of neotropical mountain forest*. New York Botanical Garden. 159-167.
- HOBBS, R.D. & HUENNEKE, L.F. 1992. Disturbance, diversity and invasion: implications for conservation. *Conservation Biology*, 6, (3): 324-332.
- HOGAN, K.P. & MACHADO, J.L. 2002. La luz solar: consecuencias biológicas y su medición, en GUARIGUATA, M.R. & G. CATAN. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Costa Rica, Ediciones LUR 119-143.
- IDCT. 2004. Bogotá, Panorama turístico de 12 localidades. Ficha turística localidad de Usaquén. Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C.
- JHA, A.K. & SINGH, S. 1991. Spoil characteristics and vegetation development of an age series of mine spoils in a dry tropical environment. *Vegetatio* 97: 63-76.
- KUCHLER A.W. 1966. Analyzing the physiognomy and structure of vegetation. *Annals of the Association of American Geographers*, 1, (56): 112-127.
- LIIRA, J.; ZOBEL, K.; MAGI, R. & MOLENBERGHS, G. 2002. Vertical structure of herbaceous canopies: the importance of plant growth-form and species-specific traits. *Plant Ecology* 163: 123-134.
- MAGURRAN, A.E. 1989. Diversidad ecológica y su medición. España, Ediciones Vedral, 200 pp.
- MCINTYRE, S.S.; LAVOREL & TREMONT, R.M. 1995. Plant life-history attributes: their relationship to disturbance response in herbaceous vegetation. *Journal of Ecology* 83: 31-44.
- MCALEECE N. 1997. BioDiversity Professional version 2. The Natural History Museum (NHM) and the Scottish Association For Marine Science (SAMS).
- MCCURE, B. & MEFFORD, M.J. 1997. *Multivariate Analysis of Ecological Data*. Version 3.17. MJM Software. Glenden Beach, Oregon.
- MENDOZA H.C. & RAMÍREZ, B. 2000. Plantas con flores de la Planada. Guía ilustrada de familias y géneros. Fundación FES Social, Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, WWF. 244 pp.
- MORA R.A. 1999. Patrones de sucesión vegetal sobre depósitos de material residual mineral en minas de gravas (Bogotá D.C). Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- MUELLER-DOMBOIS D. & ELLEMBERG, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons. USA, 547 pp.
- PARENDES, L.A. & JONES, J.A. 2000. Role of light availability and dispersal in exotic plant invasion along roads and streams in the H.J. Andrews Experimental Forest, Oregon. *Conservation Biology*, 14, (1): 64-75.
- RANGEL J.O. & VELÁSQUEZ, A. 1997. Métodos de estudio de la vegetación, en J.O. Rangel, P.D. LOWEY y AGUILAR, M. Colombia - Diversidad Biótica II. Bogotá.
- SALAMANCA, B. & CAMARGO, G. 2002. Protocolo Distrital de Restauración Ecológica. Guía para la restauración de ecosistemas nativos en las áreas rura-

- les de Santa Fe de Bogotá. DAMA y Fundación Bachaqueros.
- SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, A. & LÓPEZ-MATA, L. 2003. Clasificación y ordenación de la vegetación del Norte de la Sierra Nevada, a lo largo de un gradiente altitudinal. *Serie Botánica* 74 (1): 47-71. Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- TANSLEY, A.G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 16 (3): 284-307.
- UNESCO, PNUMA, FAO. 1980. Ecosistemas de los bosques tropicales. Altamira S.A. Barcelona.
- VARGAS W. 2002. Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes centrales. Corporación Autónoma Regional del Quindío. Editorial Universidad de Caldas. 813 pp.

Recibido: 30-11-2006

Aprobado: 15-05-2007

APÉNDICE

Familias, especies, nombres comunes y número de individuos en las cinco áreas de estudio

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN	No de individuos en cada área				
			DC	DE	DD	RB	RA
AMARANTHACEAE	<i>Amaranthus sp.</i>					1	
AMARYLLIDACEAE	<i>Bonania sp.</i>	pecona					2
ARALIACEAE	<i>Oreopanax floribundum</i>	mano de oso				14	12
ASCLEPIADACEAE	<i>Ditassa cf. longifolia</i>				9		
ASPLENIACEAE	<i>Asplenium sp1</i>				1		
	<i>Asplenium sp2</i>						2
ASTERACEAE	<i>Achyrocline sp.</i>		3	12			
	<i>Baccharis latifolia</i>	chilco, chilca		2	12	3	1
	<i>Bidens sp.</i>						1
	<i>Diplosiphium roseovirensifolium</i>	romero blanco				6	
	<i>Eupatorium angustifolium</i>	jome, blanquillo				31	
	<i>Hypochaeris acutiflora</i>	chicoria		11			
	<i>Jungia cf. coerulescens</i>						3
	<i>Oligactis sp.</i>					11	6
	<i>Mimoclea senecionifolia</i>						3
	<i>Seneciothus pinnatifidus</i>	arboloco		1			
	<i>Sonchus sp.</i>				5		
	<i>Suaeda acida</i>	jarilla		14			
<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león		87	50	33		
BLECHNACEAE	<i>Blechnum sp1</i>					4	
	<i>Blechnum sp2</i>					2	
CAMPANULACEAE	<i>Syphocampylus colombei</i>	zarcillojo, candelito				17	
CAPRIFOLIACEAE	<i>Fibriaea involucrata</i>	gorrocho, saiso de monte				9	19
	<i>Fibriaea triflora</i>	gorrocho, saiso de monte				2	7
CLITHRACEAE	<i>Clethra foeniculata</i>	manzano, cacao de páramo			1	11	
CLUSIACEAE	<i>Clusia multiflora</i>	Gaque, Cuchano				17	21
CUNNONIACEAE	<i>Heistermannia tomentosa</i>	encenillo				3	18
CYPERACEAE	<i>Carex sp.</i>						5
DENNSTAEDTIACEAE	<i>Pteridium aquilinum</i>	helecho marranso			80	1	
	<i>Pteridium arachnoideum</i>						2

DIOSCORACEAE	<i>Dioscorea</i> sp.					1	
DRYOPTERIDACEAE	<i>Diplazium</i> sp.						12
	<i>Dryopteris wallichiana</i>	Helecho macho		2			
	<i>Dryopteris</i> sp.						4
	<i>Elaphoglossum</i> sp1			5		8	9
	<i>Elaphoglossum</i> sp2						5
	<i>Elaphoglossum</i> sp3						2
ELAEOCARPACEAE	<i>Ficus stipularis</i>					2	7
ERICACEAE	<i>Befaria resinosa</i>	pegarisco				5	
	<i>Cavendishia cordifolia</i>	Uva de anís	1	1	5	45	17
	<i>Gaultheria ananthisorum</i>	trito de piramo			2	4	
	<i>Macleaya rupestris</i>	uva camarona				6	4
ERIOCAULACEAE	<i>Paspalum</i> sp.	Flor de harina		4			
FABACEAE	<i>Cytisus montipesalana</i>	retamo liso		1			
	<i>Ulex europaeus</i>	retamo espinoso		11	29		
GRIMMIACEAE	<i>Racomitrium crispifolium</i>	mango		56			
HYPERICACEAE		guardarocío, pirito de					
	<i>Hypericum jamaicense</i>	piramo	10	109		5	
IRIDACEAE	<i>Orbeastrum chombococcoides</i>	espantillo		23	5	7	
LABIATAE	<i>Salvia</i> sp.					1	1
LORANTHACEAE	<i>Guaiadendron punctatum</i>	tagua				6	4
MELASTOMATAEA E	<i>Clusia leptis microphila</i>			1			
	<i>Miconia squarrosula</i>	tuno esmeraldo		1	7	13	
	<i>Miconia</i> sp.1	tuno				4	47
	<i>Miconia</i> sp.2						18
	<i>Monochloetium mirabilem</i>	angelito		16	10	5	
MYRICACEAE	<i>Myrica parryfolia</i>	laure hojipequeño, cruz de mayo		42	13	12	
MYRSINACEAE		cucharo blanco, cucharo					
	<i>Myrsine coriacea</i>	rosado			1	17	10
	<i>Myrsine guianensis</i>	cucharo, cucharo rojo				2	

MYRTACEAE	<i>Eucalypto globulus</i>				1		
	<i>Myrcianthes cf. thopalaoides</i>	amapón				2	6
ORCHIDACEAE	<i>Epistemon elongatum</i>			4			
OXALIDACEAE	<i>Oxalis</i> sp.				3		2
PIPERACEAE	<i>Piperaceae</i> sp.						13
	<i>Piper bogotense</i>	condoncillo					4
	<i>Piper lucense</i>	condoncillo					18
POACEAE	<i>Arthrostichum</i> sp.	grama de olor			1		
	<i>Calamagrostis</i> sp.	paja de piramo	27	20	22		
	<i>Chusquea scandens</i>						1
	<i>Cortaderia nitida</i>	cortadera	22			12	
	<i>Holcus lanatus</i>	faba pon	4	13	25		
	<i>Pennisetum clandestinum</i>	quicuyo		5	8		
POLYGALACEAE	<i>Monina cf. aemans</i>	tinto		1	7	2	3
POLYGONACEAE	<i>Rumex acetosella</i>	acedera		19	14		
POLYPODIACEAE	<i>Campyloneurum cf. angustifolium</i>			2			
	<i>Pichnia</i> sp.						6
	<i>Polypodium lanceolatum</i>			2			
	<i>Polypodium</i> sp.1			1			
	<i>Polypodium</i> sp.2			2			
ROSACEAE	<i>Hesperomeles glabrata</i>	morifo, morifo parejo				4	
	<i>Hesperomeles cf. goudotiana</i>	morifo			1	5	
	<i>Rubus floribundus</i>	mora silvestre			2	4	
	<i>Rubus</i> sp.						2
RUBIACEAE	<i>Arcytophyllon nitidum</i>	jarnia de piramo				5	
	<i>Galium hycocypium</i>	coralito			2	3	
	<i>Galium</i> sp.				3		
	<i>Palicourea angustifolia</i>						10
	<i>Palicourea cf. vaginata</i>					5	
	<i>Palicourea</i> sp.						26
SAPINDACEAE	<i>Dodonaea viscosa</i>	hayselo		2			
SMILACACEAE	<i>Smilax acutricaulis</i>	zarzaparrilla				1	1
	<i>Smilax tomentosa</i>	zarzaparrilla				1	

SOLANACEAE	<i>Cestrum nocturnum</i>	tinto				6	8
	<i>Solanum</i> sp.						7
THELYPTERIDACEAE	<i>Thelypteris</i> cf. <i>delavayi</i>			1			
THYMELAEACEAE	<i>Daphnopsis</i> sp.						1
UMBELLIFERAE	<i>Hydrocotyle</i> sp.				5		
VERBENACEAE	<i>Cymbopetalum sulcatum</i>	cajeto					1
WINTERACEAE		cancho de moric, aji de					
	<i>Dryonia grossadensis</i>	pizarro					9
		Total de individuos	211	377	303	325	369

